automatica de la A la Z

Editura Științifică și Enciclopedică

17-166

GABRIEL IONESCU VLAD IONESCU
(coordonatori)

Automatica de la A la Z

0 000009 09254 BCU IAŞI

EDITURA ŞTIINŢIFICĂ ŞI ENCICLOPEDICĂ
Bucureşti, 1987

PREFAȚĂ

„Automatica de la A la Z" a fost elaborată cu scopul de a pune la dispoziția unor variate categorii de cititori terminologia actuală, cu circulația cea mai largă, care încadrează atît bazele conceptual-teoretice, cît și cele metodologico-aplicative ale automaticii ca ramură a științelor tehnice.

Actualitatea automaticii ca știință este generată de faptul de necontestat că însăși revoluția tehnico-științifică contemporană este dominată de automatizarea, robotizarea și cibernetizarea producției, precum și a multor altor domenii ale activității umane. Explozia informațională în acest domeniu, mai evidentă și mai dinamică decît în oricare dintre celelalte științe tehnice, ilustrează la rîndul său această actualitate.

Automatizarea, ca mijloc esențial de creștere a productivității muncii, de ridicare a nivelului tehnic și calitativ al producției, constituie una dintre orientările prioritare ale politicii de dezvoltare economico-socială a țării noastre, evidențiate în mod pregnant în Directivele Congresului al XIII-lea al P.C.R.

Penetrația accelerată a mijloacelor de automatizare și a tehnicilor moderne de conducere automată în toate sectoarele de activitate, și cu precădere în cele industriale, atrage în mod inerent vehicularea tot mai frecventă a unor termeni de specialitate. Pe de altă parte, publicațiile științifice și tehnice, indiferent de domeniul abordat și de nivelul de tratare, date fiind diversele forme de implicare a automatizării în domeniile respective, fac apel la noțiuni de automatică. Mai mult decît atît se poate aprecia că termenii care descriu asemenea noțiuni pot fi întîlniți adesea în publicistica cotidiană și chiar în literatura beletristică dedicată realităților din lumea de astăzi sau aceea care anticipează viitorul. În acest context, numărul celor interesați în cunoașterea și înțelegerea cît mai exactă a conținutului terminologiei proprii automaticii fiind într-o continuă creștere, oportunitatea editării lucrării de față este justificată.

Încercînd să răspundă cerințelor menționate, fără a emite pretenții de exhaustivitate, cei peste 800 de termeni cuprinși în lucrare acoperă în mod echilibrat aspectele definitorii ale științei automaticii emanate din domenii teoretice foarte bogate, evidențiind în aceeași măsură permanenta lor conjuncție cu multiplele și variatele aplicații tehnice atît ca procedee, cît și ca mijloace de implementare a acestora.

Maniera de alcătuire a lucrării are la bază următoarele argumente: a) caracterul deosebit de dinamic și de extins al

arsenalului teoretic în acest domeniu; b) interdisciplinaritatea atît în plan teoretic, cît și aplicativ a noțiunilor pe care le integrează automatica; c) transferul rapid, facilitat de tehnologiile moderne, al rezultatelor teoretice către aplicațiile concrete, industriale; d) dezvoltările teoretice, ca un corolar al ideii precedente, au fost în mod expres considerate ca instrumente esențiale pentru creșterea eficienței aplicațiilor; e) sursele principale pentru termenii aplicativi au fost atent selectate din domeniile care le conferă semnificațiile cu accepțiunea cea mai largă.

Cititorul interesat găsește astfel, într-o formă concentrată, specifică unei asemenea lucrări, definirea riguroasă a noțiunilor cu care operează curent teoria sistemelor liniare, neliniare, optimale, adaptive, cu parametri distribuiți, modelarea, identificarea și simularea sistemelor automate, precum și termenii reprezentativi privind echipamentele de automatizare și implementarea acestora în conducerea diverselor procese din industria chimică, energetică, metalurgică, construcții de mașini, transporturi etc.

În scopul întregirii semnificației diverșilor termeni din punctul de vedere cantitativ și operant s-a impus ca necesară utilizarea unui aparat matematic adecvat, căutîndu-se totodată a se asigura accesibilitatea deplină a informației. Facilități suplimentare lecturării sînt oferite cititorului de numeroasele figuri, diagrame, tabele, care însoțesc textul.

Colectivul de autori este alcătuit din cadre didactice din învățămîntul superior tehnic de specialitate care, în cadrul procesului de integrare a învățămîntului cu cercetarea și producția, sînt implicați în numeroase realizări de sisteme și echipamente de automatizare.

Autorii speră ca lucrarea să se dovedeas că utilă unor cercuri largi de cititori cu preocupări dintre cele mai variate, de la cei interesați în simpla înțelegere a anumitor termeni pînă la specialiști, care pot obține rapid o primă informație corectă asupra unor termeni ce nu sînt proprii activității lor curente sau care se referă la rezultate științifice și tehnice dintre cele mai recente. Conștienți de dificultatea pe care o prezintă redactarea unei asemenea lucrări ei vor fi bucuroși să primească din partea cititorilor observațiile și sugestiile lor.

În încheiere, autorii țin să mulțumească și pe această cale colectivului de redacție al Editurii Științifice și Enciclopedice pentru spiritul de colaborare manifestat pe parcursul elaborării lucrării.

AUTORII

A

abatere, diferenţa între valoarea x a unei mărimi şi o valoare de referinţă x_r, $\Delta x = x - x_r$. Într-un sistem de reglare automată prin **a.** se înţelege diferenţa între mărimea de intrare şi cea de reacţie. Sin: *eroare a sistemului de reglare.*

abatere medie pătratică, media pătratelor abaterilor valorilor x_i rezultate din N experimente asupra unei mărimi x, în raport cu o valoare de referinţă x_r

$$M[x-x_r]^2 = \frac{1}{N}\sum_{i=0}^{N-1}(x_i - x_r)^2.$$

Dacă mărimea considerată reprezintă un proces aleator $x(t)$ şi ca referinţă se alege valoarea medie, atunci **a.m.p.** reprezintă dispersia procesului aleato- (→ **dispersie**). Sin: *eroare medie pătratică a sistemului.*

acces direct la memorie (uzual **DMA** de la engl. DIRECT MEMORY ACCESS), facilitate de transfer de date între memoria unui sistem şi exteriorul acestuia, sau între două zone de memorie, fără intervenţia unităţii centrale. Durata transferului unui număr de cuvinte prin DMA este mai mică decît în cazul efectuării acestuia prin program ca urmare a eliminării operaţiilor de extragere şi decodificare a instrucţiunilor. Datorită existenţei unor magistrale unice de adrese şi de comenzi transferul prin DMA de tip memorie-memorie consumă aproximativ de două ori mai mult timp decît cel memorie-mediu extern.

accesibilitate, proprietate cauzală a unui sistem dinamic (A,B,C) ce defineşte posibilitatea tranziţiei între două faze, sub acţiunea mărimii de comandă $u(t)$. O stare x se numeşte τ-accesibilă dacă există $s<\tau$ şi funcţia de comandă $\omega:[s, \tau]\to u$ care să asigure tranziţia.

$$(0, s) \to (x, \tau).$$

Dacă orice stare x este τ — accesibilă (pentru orice τ) atunci se spune că sistemul este accesibil; condiţia necesară şi suficientă ca un sistem liniar variant să fie accesibil este ca matricea de accesibilitate

$$\mathcal{R}(s, \tau) = \int_s^\tau \Phi(\tau, \sigma)\, B(\sigma)\, B^T(\sigma)\Phi^T(\tau, \sigma)\, d\sigma$$

să fie pozitiv definită. La sistemele liniare şi invariante condiţia de **a.** se reformulează mult mai simplu: un sistem liniar şi invariant este accesibil, dacă şi numai dacă

$$\mathcal{R} = \mathrm{Im}\,[B\ AB\ A^2B \ldots A^{n-1}B] = \mathbb{R}^n,$$

adică aceeaşi condiţie cu aceea de controlabilitate.

accesibilitate în k pași, proprietate cauzală a sistemelor dinamice liniare *discrete* și invariante; o stare x este accesibilă în k pași dacă există secvența de intrare, de lungime $k \leqslant n$:

$$u(0),\ u(1),\ u(2),\ \ldots,\ u(k-1)$$

ce asigură transferul de stare: $0 \to x$. Dacă oricare ar fi starea $x \in X$, există o secvență de intrare, de lungime k, ce realizează transferul: $0 \to x$, atunci sistemul se numește *sistem accesibil în k pași*. Condiția necesară și suficientă ca sistemul să fie sistem accesibil în k pași este:

$$\mathcal{R}_k = Im[B\ AB\ A^2B \ldots A^{k-1}B] = \mathbb{R}^n$$

unde $\mathcal{R}_k$ = subspațiu accesibil în k-pași. După cum se vede, dimensiunea subspațiului $\mathcal{R}_k$ nu scade la creșterea lui k, și ca urmare, sistemul este accesibil dacă cel mai mare subspațiu accesibil este identic cu $\mathbb{R}^n$.

achiziție de date, proces sau metodă de obținere a informațiilor, într-o formă corespunzătoare modului de prelucrare ulterioară, despre procesul condus. (→ **colectare de date, algoritm de prelucrare primară a datelor**).

acoperire a automatelor, familie nevidă C de submulțimi ale stărilor X ale automatului $A = (U, X, Y, \varphi, \eta)$, astfel încît pentru fiecare aplicație de revenire ω, cu proprietatea $\omega_x(X) = \{x\}$ există o submulțime $R \in C$, astfel ca $\omega(R) \subseteq R' \in C$.

Un automat $A_1 = (U_1, X_1, Y_1, \varphi_1, \eta_1)$ acoperă (n-acoperă) un automat $A_2 = (U_2, X_2, Y_2, \varphi_2, \eta_2)$ dacă există o aplicație de acoperire h, h: $X_1 \to X_2$ astfel încît stările s_2 și $h(s_2)$ să fie echivalente (n-echivalente) $s_2 \mathcal{R} h(s_2)$, respectiv $s_2 \mathcal{R}_n h(s_2)$; **a.a.** se notează $A_1 > A_2$ ($A_1 \overset{n}{>} A_2$), relațiile $>$, $\overset{n}{>}$ fiind relații de preordine (reflexive și tranzitive).

acoperire dinamică, subspațiul $\mathcal{V}$ este o **acoperire dinamică (de tip 1)** a lui $Im\ E$ în raport cu (A, B) dacă $\mathcal{V}$ este (A, B) — invariant și conține pe $Im\ E$, deci:

$$A\mathcal{V} \subset \mathcal{V} + ImB$$

$$Im\ E \subset \mathcal{V}$$

Matricial, aceste relații se scriu astfel ($\mathcal{V} = \mathrm{Im}\ V$): există matricile J, H, K încît:

$$AV = VJ - BH$$

$$E = VK$$

Semnificația unei **a.d.** rezultă din următorul exemplu: pentru sistemul liniar

$$\dot{x} = Ax + Bu + Ev$$

în care $x \in \mathbb{R}^n$ este starea, $u \in \mathbb{R}^m$ este mărimea de comandă, $v \in \mathbb{R}^l$ este perturbația, fie $\mathcal{V}$ o **a.d.** a lui $Im\ E$ și reacția

$$u = Fx$$

cu $F \in F(\mathcal{V})$, rezultînd:

$$\dot{x} = (A + BF)x + Ev$$

deci

$$< A + BF \,\Big|\, ImE > \subset \mathcal{V}$$

adică reacţia $u = Fx$ localizează efectul perturbaţiei v în subspaţiul $\mathcal{V}$.
În mod similar se defineşte o **a.d.** de tip 2: $\mathcal{V}$ este o **a.d.** de tip 2 a lui ImE în raport cu (A, B) dacă:

$$A\mathcal{V} \subset \mathcal{V} + ImB$$

$$ImE \subset \mathcal{V} + ImB$$

ceea ce matricial înseamnă că: există matricile J, H, G, K astfel încît

$$AV = VJ - BH$$

$$E = VK - BG$$

Se constată că pentru sistemul liniar anterior, dacă $\mathcal{V}$ este o **a.d.** (de tip 2) a lui $Im\ E$ în raport cu (A, B) şi se consideră legea de comandă:

$$u = Fx + Gv$$

unde $F \in F(\mathcal{V})$, iar G satisface relaţiile anterioare, se va obţine:

$$\dot{x} = (A + BF)x + (E + BG)v = (A + BF)x + Vkv$$

deci rezultă că

$$< A + BF \,\Big|\, Im(E + BG) > = < A + BF \,\Big|\, Im(VK) > \subset \mathcal{V}$$

Această relaţie dă semnificaţia unei **a.d.** de tip 2: în condiţiile enunţate anterior efectul perturbaţiei v este localizat în subspaţiul $\mathcal{V}$. Conceptul de **a.d.**, element de bază în cadrul teoriei geometrice a sistemelor liniare, este esenţial în rezolvarea unor probleme tipice ale sintezei sistemelor: rejecţia exactă a perturbaţiilor, construcţia estimatorilor minimali etc.

acordare, operaţie de alegere a valorilor optime ale parametrilor care intervin într-o lege de reglare în vederea obţinerii unor performanţe ale sistemului de reglare în conformitate cu un criteriu de performanţă ales. În cazul legii de reglare tipizate PID, **a.** regulatorului constă în alegerea valorilor optime pentru cei trei parametri K_R, T_i, T_d. **A.** optimă a regulatoarelor se face pe baza caracteristicilor instalaţiei tehnologice, respectiv pe baza informaţiilor obţinute prin intermediul răspunsului acesteia la un semnal treaptă.
A. regulatoarelor, în cazul proceselor fără timp mort, se face prin metodele cunoscute sub denumirea de criteriul modulului şi criteriul simetriei. Pentru procese cu timp mort **a.** se face prin metoda limitării valorii de vîrf sau prin metode experimentale.

acordarea regulatoarelor pentru procese fără timp mort, procedură de acordare a regulatoarelor folosind următoarele criterii:

Criteriul modulului care permite realizarea unui regim optim din punctul de vedere al perturbaţiilor şi se bazează pe compararea regimului realizat în condiţii ideale cu un regim care are loc în condiţii de funcţionare reale. Comportarea ideală a unui sistem de reglare automată este exprimată prin condiţiile

BIBLIOTECA DE FIZICĂ

impuse funcţiilor de transfer ale sistemului în circuit închis $H_0(j\omega)$ în raport cu intrarea şi $H_{op}(j\omega)$ în raport cu perturbaţia

$$H_0(j\omega) = 1 \qquad |H_0(j\omega)| = M(\omega) = 1$$

sau

$$H_{op}(j\omega) = 0 \qquad |H_{op}(j\omega)| = M_p(\omega) = 0$$

în toată gama pulsaţiilor ω, sau: „mărimea de ieşire în permanenţă egală cu mărimea de intrare şi perturbaţiile sînt complet rejectate". Criteriul modulului poate fi aplicat în două variante: a) *determinarea domeniilor de variaţie ale parametrilor regulatorului* pentru care performanţele impuse sînt satisfăcute, fiind apoi aleşi — din cadrul domeniilor stabilite — acei parametri care satisfac în cea mai bună măsură condiţiile reale de funcţionare; b) *varianta Kessler*, conform căreia proiectarea porneşte direct de la relaţii care asigură simultan atît satisfacerea unor performanţe impuse, referitoare de regulă la răspunsul la anumite semnale de intrare, cît şi o bună comportare în raport cu perturbaţiile. Varianta Kessler este folosită în cadrul proceselor rapide, de tipul acţionărilor electrice, întrucît presupune că identificarea se efectuează cu un grad înalt de precizie şi sînt determinate şi valorile constantelor de timp parazite. Pentru cazul cînd funcţia de transfer a părţii fixate, $H_f(s)$ nu conţine poli în origine:

$$H_f(s) = \frac{K_f}{(1 + sT_\Sigma) \prod_{k=i}^{n} (1 + sT_k)}$$

unde T_k sînt constante de timp principale, iar $T_\Sigma = \sum_{i=1}^{l} T\gamma_i$, cu $T\gamma_i$ constante de timp parazite, este necesar ca pentru regulatorul automat să se adopte o funcţie de transfer de forma:

$$H_R(s) = \frac{\prod_{k=i}^{m} (1 + sC_k)}{As}$$

cu următoarele relaţii de acordare optimă:

$$C_k = T_k$$

$$A = 2K_f T_\Sigma$$

$$m = n$$

Dacă funcţia de transfer a părţii fixate conţine un pol în origine:

$$H_f(s) = \frac{K_f}{s(1 + sT_\Sigma) \prod_{k=i}^{n} (1 + sT_k)}$$

pentru funcţia de transfer a regulatorului se alege

$$H_R(s) = \frac{\prod_{k=1}^{m} (1 + C_k s)}{A}$$

cu $m = n$; $C_k = T_k$; $A = 2\ K_f \cdot T_\Sigma$

Criteriul simetriei urmăreşte obţinerea unui pol de ordinul doi în origine în funcţia de transfer a sistemului deschis, cu scopul asigurării unei erori staţionare nule pentru variaţii în rampă ale mărimii de intrare a sistemului.

acordarea regulatoarelor pentru procese cu timp mort, procedură de alegere a valorilor optime a parametrilor K_R, T_i, T_d, atunci cînd funcţia de transfer a părţii fixate este

$$H_f(s) = \frac{K_f\, e^{-\tau s}}{1 + T_f s}$$

cu constanta de timp T_f, timpul mort τ şi factorul de amplificare K_f. Principalele metode de acordare optimă sînt:

acordarea optimă prin limitarea valorii de vîrf M_v, ce constă în extinderea la sisteme cu timp mort a concluziilor criteriului modulului ;

acordarea optimă prin metode experimentale, cuprinzînd două mari clase : metode bazate pe atingerea limitei de stabilitate şi metode bazate pe folosirea rezultatelor identificării;

acordarea optimă prin metoda bazată pe atingerea limitei de stabilitate, care nu necesită operaţii prealabile de identificare a parametrilor părţii fixate, experimentarea efectuîndu-se cu bucla de reglare în funcţiune, cu mărimea de referinţă şi cu mărimile perturbatoare menţinute constante şi cu modificarea anumitor parametri ai regulatorului pînă cînd sistemul ajunge la limita de stabilitate. Din această categorie fac parte metodele Ziegler-Nichols şi Offereins;

acordarea optimă prin metoda bazată pe folosirea rezultatelor identificării se reduce la recomandări verificate printr-un număr mare de încercări, efectuate fie în condiţii de funcţionare normală a buclei de reglare, fie prin modelarea pe calculator. De ex. relaţiile Ziegler-Nichols introduc următoarele dependenţe:

— pentru regulatoare P:

$$K_{ROPT} = \frac{1}{K_f} \cdot \frac{T_f}{\tau}$$

— pentru regulatoare PI:

$$K_{ROPT} = 0{,}9\ \frac{1}{K_f} \cdot \frac{T_f}{\tau}$$

$$T_{iOPT} = 3{,}3\ \tau$$

— pentru regulatoare *PID* (factor de interinfluenţă q):

$q = 0$	$q = 1$	$q = 2$
$K_{ROPT} = 1{,}5 \dfrac{1}{K_f} \cdot \dfrac{T_f}{\tau}$	$K_{ROPT} = 1{,}2 \dfrac{1}{K_f} \cdot \dfrac{T_f}{\tau}$	$K_{ROPT} = \dfrac{1}{K_f} \cdot \dfrac{T_f}{\tau}$
$T_{iOPT} = 2{,}5\ \tau$	$T_{iOPT} = 2\tau$	$T_{iOPT} = 2\tau$
$T_{dOPT} = 0{,}5\ \tau$	$T_{dOPT} = 0{,}5\ \tau$	$T_{dOPT} = 0{,}25\ \tau$

Alte recomandări de acordare optimă sînt date de: Oppelt, Cohen—Coon, Chien — Hrones — Reswick, Kopelovici, Smith — Murrill.

acordarea regulatoarelor prin criterii integrale, metodă de determinare a valorilor optime ale parametrilor regulatorului pentru procese cu sau fără timp mort la care se presupune cunoscută structura regulatorului şi, printr-un indice sintetic, se caracterizează calitatea procesului tranzitoriu al sistemului. Principalele criterii integrale utilizate în acordarea optimă a regulatoarelor sînt:

— criteriul suprafeţei minime a erorii (denumit şi criteriul Ziegler—Nichols), care constă în minimizarea erorii dintre răspunsul ideal şi cel real:

$$I_1 = \int_0^\infty \varepsilon \, dt$$

— criteriul valorii absolute a erorii, utilizat la regimurile tranzitorii oscilante:

$$I_2 = \int_0^\infty |\varepsilon| \, dt$$

— criteriul suprafeţei pătratice a erorii:

$$I_3 = \int_0^\infty \varepsilon^2 \, dt, \text{ sau}$$

$$I_4 = \int_0^\infty (\varepsilon^2 + T^2 \dot{\varepsilon}^2) \, dt$$

unde $\dot{\varepsilon}$ este derivata erorii, iar T este o constantă de timp.

acţionare, funcţie a elementului de execuţie exercitată asupra instalaţiei tehnologice în scopul modificării cantităţii de material sau energie care intervine în procesul respectiv în vederea realizării valorii prescrise pentru mărimea reglată (→element de execuţie). După natura energiei utilizate, a. sînt pneumatice, hidraulice, electrice. După tipul modificării parametrilor elementelor de execuţie, a. sînt continue sau discrete. Sistemele de a. realizează o conversie a unei energii (electrice, hidraulice, pneumatice) în energie mecanică. În raport de

modul în care se controlează unul sau mai mulți parametri asociați elementului de execuție, a. pot fi: de poziție, unghi, turație. A. *electrice automatizate* realizează pornirea, frînarea și reglarea turației motoarelor electrice după anumite legi (de ex., *PI*, *PID*), putînd menține în anumite limite și toleranțe diferite mărimi electrice și mecanice (limitări de curent, de cuplu etc.) (fig. A.1).

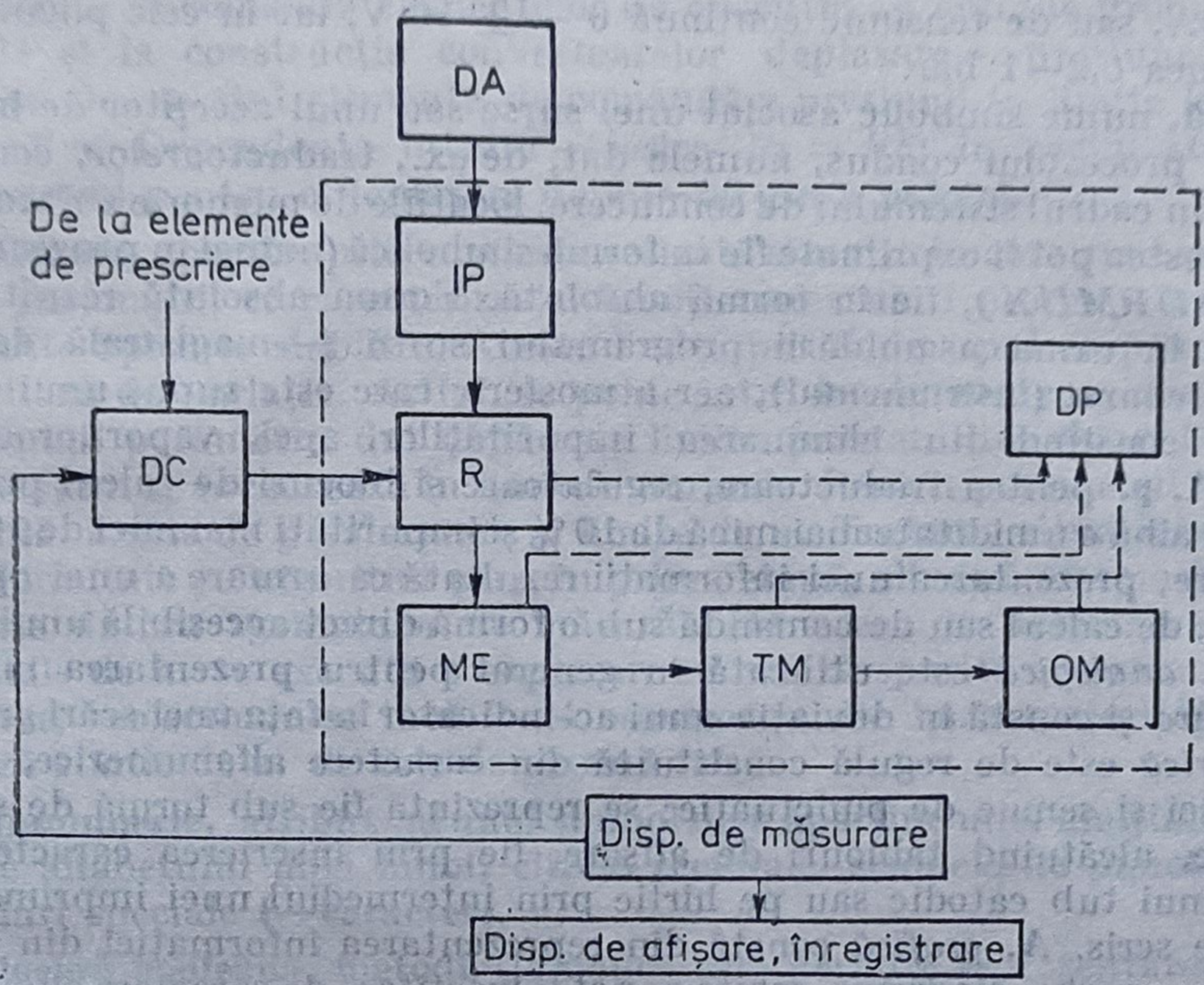


Fig. A.1. Schema funcțională a unei acționări electrice reglabile :
DA — dispozitiv de alimentare cu energie electrică ; *IP* — întreruptor de putere ; *R* — regulator ; *ME* — motor electric ; *TM* — transmisie mecanică ; *OM* — organ mobil ; *DP* — dispozitiv de protecție ; *DC* — dispozitiv de comandă.

Prin aceste limitări se asigură protejarea instalației (de ex., a motorului și a transmisiei mecanice) împotriva unor solicitări de natură mecanică (cuplu, accelerație), termică (încălzire motor), electrică (i și di/dt pentru comutația motorului).

acționare continuă, acționare ce conduce la modificări continue ale parametrilor elementului de execuție (variația poziției vanelor, variația vitezei motoarelor, ș.a). în scopul modificării continue a parametrilor din instalația tehnologică.

acționare discontinuă, acționare care determină modificări discrete ale stării elementului de execuție (deschiderea — închiderea vanelor, pornirea — oprirea motoarelor) în scopul modificării de tip totul sau nimic a parametrilor din instalația tehnologică.

adaptor, element component al aparatelor de măsurat și traductoarelor, care generează semnalul de ieșire astfel încît să poată fi recepționat și interpretat de utilizator. De ex., deplasarea unui ac indicator în fața unei scări gradate în cazul aparatelor de măsurat, semnale electrice sau pneumatice cu domeniu de variație prestabilit în cazul traductoarelor. Într-un sens mai larg, noțiunea de a. se referă la dispozitivele destinate să asigure compatibilitatea între elementele care se interconectează în cadrul unui sistem, de ex. transformator de adaptare de nivel și de impedanță. Astfel, în cazul traductoarelor industriale cu semnal de ieșire unificat, a. reprezintă etajul final care asigură

furnizarea semnalului standardizat atît ca domeniu de variație, cît și ca putere asociată, compatibil cu celelalte componente ale sistemului unificat de echipamente de automatizare: regulatoare, dispozitive de interfață pentru calculatoare de proces, aparate de indicare și înregistrare. În sistemele de reglare unificate electronice, **a.** furnizează la ieșire semnale de curent continuu 2 — 10 mA, 4 — 20 mA, sau de tensiune continuă 0 — ± 10 V, iar în cele pneumatice aer cu presiunea 0,2—1 bar.

adresă, nume simbolic asociat unei surse sau unui acceptor de informație. În cadrul procesului condus, numele dat, de ex., traductoarelor, constituie **a.** acestora. În cadrul sistemului de conducere, locațiile de memorie sînt identificate prin **a.** Acestea pot fi exprimate fie în formă simbolică (numai în programul sursă, de ex., *ADRMUX)*, fie în formă absolută. Forma absolută rezultă din cea simbolică în urma asamblării programului sursă (→**magistrală de adrese**).

aer preparat (instrumental), aer atmosferic care este supus unui proces de preparare constînd din eliminarea impurităților, apei, vaporilor de apă și uleiului. **A. p.** pentru traductoare, regulatoare și blocuri de calcul pneumatice trebuie să aibă o umiditate mai mică de 10 % și impurități mai mici de 10—15μm.

afișare, prezentarea unei informații rezultată ca urmare a unei operații de măsurare, de calcul sau de comandă sub o formă direct accesibilă unui operator uman. **A.** *analogică* este utilizată în general pentru prezentarea informației de măsurare și constă în deviația unui ac indicator în fața unei scări gradate. **A.** *alfanumerică* este de regulă constituită din caractere alfanumerice, operatori matematici și semne de punctuație; se reprezintă fie sub formă de simboluri luminoase, alcătuind tablouri de afișare, fie prin înscrierea caracterelor pe ecranul unui tub catodic sau pe hîrtie prin intermediul unei imprimante sau mașini de scris. **A.** *grafică* constă din reprezentarea informației din elemente de grafică— curbe, diagrame, schițe ce pot fi însoțite și de caractere alfanumerice, trasate fie pe hîrtie obișnuită sau specială (fotosensibilă, metalizată, termosensibilă), fie pe ecranul unui tub catodic.

agregat, instalație industrială complexă, la care de regulă operațiile de bază se automatizează. În industria constructoare de mașini se întîlnesc mașini **a.** (sau centre de prelucrare) la care se comandă, prin program, deplasarea pe diferite axe, pentru asigurarea unor traiectorii complexe sau de cicluri fixe.

ajutaj, tub cu secțiune variabilă intercalat într-o conductă de scurgere a unui fluid în scopul obținerii unui anumit regim de curgere a acestuia, caracterizat prin viteze și presiuni dorite. **A.** pot fi convergente, divergente sau convergent — divergente. În echipamentele de automatizare pneumatice **a.** constituie rezistențe pneumatice.

ajutaj — paletă, element de comandă fluidic ce constă din două rezistențe, dintre care una avînd secțiunea constantă (ajutajul *A*) și alta cu secțiune variabilă (ansamblul duză *D* — paleta obturatoare *P*) și o cameră interioară *C* (fig. A.2). Deplasarea paletei, determinată de mărimea δ, modifică rezistența

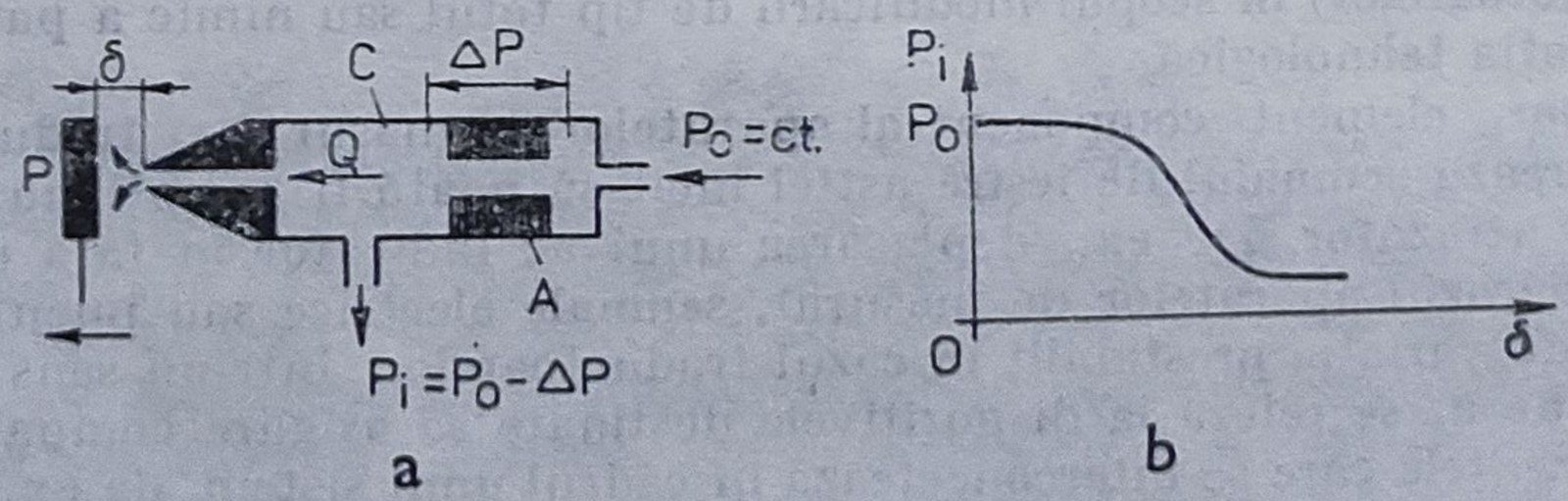


Fig. A.2. Ansamblul ajutaj-paletă:
a — construcția ajutajului-paletă; *b* — caracteristica $P_i = f(\delta)$.

pneumatică şi ca urmare presiunea fluidului în camera interioară este funcţie de poziţia paletei faţă de ajutaj (duză). Cînd $\delta = 0$, paleta obturează complet duza şi rezistenţa de eşapare este infinită. Ca urmare, debitul de aer Q este nul, căderea de presiune ΔP este nulă şi deci presiunea $P_i = P_0$. Cînd δ creşte, rezistenţa duzei scade, debitul de fluid Q creşte, căderea de presiune ΔP creşte, deci presiunea de ieşire (către utilizator) P_i va scade. Dispozitivele de tip **a.—p.** sînt utilizate la comanda elementelor de execuţie cu acţiune proporţională sau integrală şi la construcţia convertoarelor deplasare — presiune. Amplificatoarele cu **a.—p.** sînt elemente de comandă a presiunii în limite largi, folosind debite mici. Dependenţa intrare — ieşire $P_i = f(\delta)$ în regim staţionar este liniară numai pentru o deplasare de 40—50 μm a paletei.

alarmare, operaţie prin care este sesizată situaţia în care unul sau mai mulţi dintre parametrii ce caracterizează funcţionarea unui proces tehnologic depăşesc limite aprioric stabilite. Aceste limite pot fi de tipul amplitudine sau de tipul viteză de variaţie. Astfel, se poate intra în starea de **a.** dacă gradientul valorii unui parametru dat depăşeşte limita prestabilită, chiar dacă valoarea parametrului se încadrează în limitele normale. Pentru parametrii critici există, de regulă, limite de prealarmare şi limite de **a.** Tratarea situaţiei de **a.** se face în conformitate cu algoritmi care, în prima etapă, elimină alarma falsă (aceasta se poate datora zgomotelor de măsură). De aceea la detectarea unei stări potenţiale de **a.** se execută o explorare cu viteză sporită a parametrului corespunzător, colectîndu-se încă 2—4 eşantioane. Pe baza majorităţii se discriminează stările de **a.** de cele de alarmă falsă.

alfanumeric, atribut al unui simbol de a aparţine unei mulţimi ce cuprinde literele alfabetului unei limbi, cifrele zecimale, semnele de punctuaţie şi alte simboluri speciale (→**caracter**).

algebră booleană, metodă simbolică care permite reprezentarea expresiilor logice binare sub forma unor ecuaţii analoge celor din algebra clasică, introdusă de G. Boole (cca 1860). Variabilele, parametrii, funcţiile ce apar în **a. b.** nu pot lua decît două valori: 0 sau 1, în acest sens **a.b.** fiind o latice distributivă şi complementată {0,1}. Operaţiile în **a. b.** sînt intersecţia ($\cap$), reuniunea ($\cup$) şi complementarea binară (—), (negarea). Ele se pot exprima şi verifica cu ajutorul tabelelor de adevăr. Principalele proprietăţi algebrice ale operaţiilor booleene sînt:

(exemplificare pentru trei variabile a, b, c)

— *comutativitate* $a \cap b = b \cap a$

$a \cup b = b \cup a$

— *asociativitate* $(a \cap b) \cap c = a \cap (b \cap c)$

$(a \cup b) \cup c = a \cup (b \cup c)$

— *idempotenţă* $a \cap a = a$

$a \cup a = a$

— *distributivitate* (a intersecţiei în raport cu reuniunea şi a reuniunii în raport cu intersecţia)

$$a \cap (b \cup c) = (a \cap b) \cup (a \cap c)$$

$$a \cup (b \cap c) = (a \cup b) \cap (a \cup c)$$

— *legile de compoziție* (ale lui 1 și 0)

$$a \cup \bar{a} = 1$$
$$a \cap \bar{a} = 0$$
$$a \cup 0 = a$$
$$a \cap 0 = 0$$
$$a \cup 1 = 1$$
$$a \cap 1 = a$$

— *involuția* (legea dublei negații) $\bar{\bar{a}} = a$

— *teoremele lui de Morgan* $\overline{a \cup b} = \bar{a} \cap \bar{b}$

$$\overline{a \cap b} = \bar{a} \cup \bar{b}$$

Relațiile menționate permit manipularea și simplificarea expresiilor booleene. Dacă $E(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ este o expresie definită cu astfel de variabile, valorile lui E pentru cele 2^n combinații de valori ale variabilelor definesc o funcție booleeană. **A.b.** este echivalentă cu algebra logică.

algoritm, succesiune de operații (de regulă reprezentate într-o formă codificată) avînd drept scop rezolvarea unei probleme date. În domeniul automaticii și conducerii proceselor termenul are mai multe arii de utilizare: **a.** de conducere, care descrie modul în care se elaborează comanda destinată sistemului de conducere, **a.** de prelucrare primară a datelor, care descrie metode de conversie a datelor din forma direct obținută din procesul condus în cea compatibilă cu modalitatea de prelucrare prin **a.** de conducere; **a.** de căutare, de clasare, de sortare etc., utilizate în manipularea fișierelor ce compun baza de date a sistemului de conducere. **A.** de conducere sînt de mai multe categorii, depinzînd de metoda de conducere aleasă, de nivelul ierarhic al sistemului de conducere la care **a.** este implementat, de tipul comportării în timp etc. Există: **a.** de reglare (de tip *PID*, Dahlin, Kalman, deadbeat, lead-lag etc.), utilizați la nivelul ierarhic inferior; **a.** de optimizare statică (de tip gradient, gradient conjugat, Powell, Davidson, Fletcher etc.), utilizați la nivelul ierarhic superior, pentru conducere prin fixarea mărimilor de referință; **a.** de optimizare dinamică, utilizați în aplicații particulare, de regulă la nivelul ierarhic inferior.

algoritm Dahlin, algoritm de reglare ce impune alegerea acelei funcții de transfer H_c a regulatorului care să asigure că ansamblul regulator — proces condus (buclă închisă) se comportă ca un sistem cu întîrziere și timp mort. Forma comenzii $u_k = u(kT)$ este

$$u_k = \sum_{i=0}^{m} a_i \varepsilon_{k-i} + \sum_{i=1}^{n} b_i u_{k-i}$$

alorile m, n, a_i, b_i depinzînd de modelul procesului condus, iar ε_{k-i} fiind eroarea între referință și valoarea măsurată. În unele cazuri în funcția de transfer $H_c(z)$ a regulatorului apar poli care, deși situați în interiorul cercului de rază unitară d în planul z, au modulul apropiat de 1, ceea ce generează oscilații supărătoare ale elementului de execuție în jurul unei valori „medii" a comenzii. Pentru evitarea fenomenului, factorul $\frac{1}{z+p}$ asociat polului respectiv în funcția de transfer se înlocuiește cu valoarea de regim staționar $\frac{1}{1+p}$.

algoritm deadbeat, algoritm folosit în cadrul sistemelor numerice de reglare, ce presupune elaborarea acelei comenzi care conduce la: a) atingerea valorii staționare y_s de către mărimea de ieșire $y(kT)$ în timpul minim (timp

de creştere minim); b) o dată atinsă valoarea staţionară, mărimea de ieşire păstrează valoarea $y(kT) = y_s$ la toate perioadele de eşantionare ulterioare celei în discuţie (timp de stabilire minim, eroare staţionară nulă). Forma comenzii $u_k = u(kT)$, ce satisface condiţiile anterioare este:

$$u_k = \sum_{i=0}^{m} a_i \varepsilon_{k-i} + \sum_{i=1}^{n} b_i u_{k-i}$$

valorile m, n, a_i, b_i depinzînd de modelul procesului condus şi de tipul de mărime de referinţă, iar ε_{k-i} fiind eroarea între referinţă şi valoarea măsurată. De obicei **a. d.** impune condiţii grele atît procesului condus, cît şi elementului de execuţie. De aceea se folosesc forme modificate ale algoritmului, avînd drept scop limitarea cererii de putere pe durata regimurilor tranzitorii.

algoritm de conducere, strategie conform căreia sistemul de conducere elaborează comenzile transmise procesului industrial condus. Se folosesc algoritmi de reglare şi **a. de c.** optimală. Algoritmii de reglare (mono- sau multivariabili) presupun elaborarea comenzii în funcţie de eroarea între mărimea de referinţă şi valoarea măsurată (→ **algoritmul Dahlin, algoritmul Kalman, algoritmul PID**) pe baza unor calcule ce nu implică soluţionarea unei probleme de decizie (→ **conducere numerică directă**). **A. de c.** optimală elaborează comanda în urma calculelor de extremizare a unui indice de performanţă impus.

algoritm de conducere prin fixarea mărimilor de referinţă, algoritm al cărui rezultat constă în fixarea valorii referinţei destinată regulatorului (mono- sau multivariabil) cu care este prevăzut sistemul de conducere la nivelul ierarhic inferior. Conducerea prin fixarea mărimilor de referinţă necesită deci regulatoare fie de tipul clasic (analogice), fie de tipul numeric (realizate cu microprocesoare, →**sistem distribuit**), fie, mai rar, realizate prin program în însăşi unitatea fizică servind la conducere prin fixarea mărimilor de referinţă. De regulă, elaborarea mărimilor de referinţă se face prin extremizarea unui indice de performanţă, deci este o formă de conducere optimală. Practica demonstrează că efectele economice obţinute conducînd un proces prin fixarea mărimilor de referinţă sînt cu un ordin de mărime mai mari decît în cazul oricăror alte metode de conducere.

algoritm de diagonalizare canonică, algoritm pentru aducerea $(p \times m)$ — matricii la forma diagonal canonică. Pentru determinarea şi a matricilor unimodulare $U(s)$, $V(s)$ ce realizează această transformare se lucrează cu tabloul:

$$D(s) = \begin{bmatrix} P(s) & I_p \\ I_m & \end{bmatrix}$$

efectuînd operaţii de tip Gauss asupra liniilor $i \in [1, p]$ şi coloanelor $j \in [1, m]$ din tablou, astfel încît iterativ, $P(s)$ să fie adusă la forma diagonal canonică. La terminarea algoritmului în locul matricii $I_p(I_m)$ se va afla matricea unimodulară de transformare $U(s)$ $(V(s))$. **A. de d. c.** se aplică şi în cazul matricilor numerice P obţinîndu-se forma diagonal canonică

$$\Lambda = UPV = P \begin{bmatrix} \begin{matrix} 1 & & & \\ & 1 & & \\ & & \ddots & \\ & & & 1 \end{matrix} & O \\ O & \begin{matrix} 0 & & \\ & \ddots & \\ & & 0 \end{matrix} \end{bmatrix}$$

r m

care este utilă, de ex., în cazul algoritmului Kalman-Zeiger-Ho de determinare a unei realizări minimale.

algoritm de eşalon redus, algoritm ce permite determinarea formei de eşalon redus pentru o $(p \times m)$ matrice, $P(s) \in \mathbb{R}[s]$ cu reţinerea, eventual, a transformării unimodulare de aducere la această formă. Se exemplifică **a. de e. r.** pe linii, **a. de e.r.** pe coloane reducîndu-se la cel pe linii aplicat matricii $P^T(s)$, şi, în final, transpunînd rezultatul. Fie tabloul

$$A(s) = \left[\begin{array}{c|c} P(s) & I_p \end{array} \right]$$

şi să presupunem că submatricea de coloane a lui $P(s)$, între coloanele l şi $(j-1)$ inclusiv $(j-1 < m)$ a fost adusă la forma de eşalon redus pe linii, în sensul că toate elementele din această submatrice, de sub linia $(i-1)$ sînt nule. În continuare se explorează, în jos, coloana j de la elementul (i,j): dacă toate elementele acestei subcoloane sînt nule se face $j = j + 1$ şi se reia algoritmul. Dacă nu, fie $p_{kj}(s)$ primul, de sus în jos, polinom nenul de grad minim; se aduce $p_{kj}(s)$ pe poziţia (i, j) permutînd linia i cu linia k şi reindexînd polinoamele $p_{ij}(s) \leftrightarrow p_{kj}(s)$; se efectuează operaţiile

$$p_{kj}(s) = p_{ij}(s)\ q_{kj}(s) + r_{kj}(s);$$

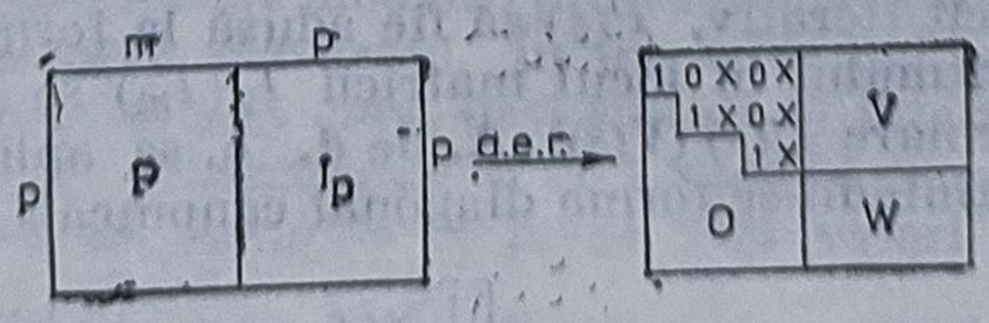
se înmulţeşte linia i cu $q_{kj}(s)$ şi se scade din linia k, în aceasta obţinîndu-se $r_{kj}(s)$; se reia algoritmul pînă cînd această coloană devine o subcoloană de eşalon redus după care printr-o simplă ponderare şi substracţie de linii $(k = 1, i - 1)$ similară, se asigură că toate elementele $p_{kj}(s)$: $k = 1, i - 1$, au gradul mai mic ca gradul elementului $p_{ij}(s)$; se face $j = j + 1$ şi se reia algoritmul de la linia $(i + 1)$. Condiţiile de oprire a algoritmului sînt $i = p$ sau $j = m$, obţinîndu-se în locul matricii I_p, matricea unimodulară $U(s)$ ce reprezintă transformarea necesară astfel ca

$$E(s) = U(s)\ P(s)$$

să fie în forma de eşalon redus. În cazul în care P este o matrice numerică desemnînd o transformare, prin aplicarea **a.de.e.r.** tabloului

$$A = \left[\begin{array}{c|c} P & I_p \end{array} \right]$$

se poate determina domeniul transformării $P(Im\ P)$ şi o bază pentru subspaţiul ortogonal lui $Im\ P$ şi anume: o bază pentru $Im\ P$ este formată din coloanele lui P ce corespund în eşalonul redus coloanelor de forma $[0\ 0 \ldots 0\ \underset{(i)}{1}\, 0 \ldots 0]^T$; o bază pentru $(Im\ P)^{\perp}$ este matricea W delimitată ca



Dacă se aplică **a.de e.r.** pe liniile matricii P^T atunci se poate calcula nucleul transformării P ca fiind

$$Ker\ P = W^T$$

cu W determinat anterior.

algoritm de prelucrare primară a datelor, algoritm utilizat pentru obţinerea informaţiilor de natură analogică asupra procesului condus. Prelucrarea

primară a datelor necesită următoarele etape: colectarea valorii parametrului, exprimată în unităţi CAN (→ **unitate CAN**); conversia în unităţi inginereşti; filtrare; liniarizare; corecţia erorilor sistematice de măsură; testarea încadrării între limite. Ca rezultat se obţine valoarea validată a parametrului considerat, exprimată în format intern, gata pentru utilizarea imediată în cadrul algoritmului de conducere.

algoritm de triangularizare, algoritm de aducere a unei matrici (polinomială sau de numere) la → **forma trapezoidală**. Pentru aducerea $(p \times m)$—matricii $P(s)$ la forma superior triunghiulară la dreapta şi determinarea matricii unimodulare $U(s)$ ce realizează această transformare, se lucrează cu liniile tabloului

$$A(s) = \left[\begin{array}{c|c} P(s) & I_p \end{array} \right]$$

efectuînd numai operaţii de tip Gauss asupra liniilor lui $A(s)$ pînă cînd matricea $P(s)$ ajunge la forma dorită; în acest caz în locul matricii I_p se obţine transformarea $U(s)$. Pentru aducerea matricii $P(s)$ la forma inferior triunghiulară la stînga se pleacă cu tabloul

$$B(s) = \left[\begin{array}{c|c} P^T(s) & I_m \end{array} \right]$$

aducînd matricea $P^T(s)$ la forma superior triunghiulară la dreapta, după care se face $B^T(s)$ şi se extrage forma dorită a lui $P(s)$ precum şi transformarea unimodulară (la dreapta) $V(s) = U^T(s)$. **A. de t.** se aplică în mod similar în cazul matricilor de numere P, de tip $p \times m$.

algoritm Kalman, algoritm de reglare ce constă în a alege acea funcţie de transfer $H_c(z)$ a regulatorului care să asigure o formă dată $Y(z)$ a ieşirii cînd referinţa $R(z)$ are o formă impusă. Din formele impuse pentru $Y(z)$ şi $R(z)$ rezultă funcţia de transfer $H_o(z)$ a sistemului în stare închisă şi, cunoscîndu-se modelul $H_p(z)$ al procesului condus, se deduce funcţia de transfer $H_c(z)$ a regulatorului şi, implicit, dependenţa comenzii $u(kT) = u_k$ de valorile anterioare ale sale, ca şi de valorile actuale şi anterioare ale erorii:

$$u_k = \sum_{i=0}^{m} a_i \varepsilon_{k-i} + \sum_{i=1}^{n} b_i u_{k-i},$$

a_i şi b_i fiind coeficienţi dependenţi de formele impuse pentru $Y(z)$ şi $R(z)$, ca şi de modelul $H_p(z)$ al procesului, iar ε_{k-i} fiind eroarea între referinţă şi valoarea măsurată.

algoritm Kalman — Zeiger — Ho, algoritm care permite determinarea unei realizări minimale (A, B, C) pentru un sistem liniar, reprezentat prin $(p \times m)$—matricea sa de transfer $T(s) \in \mathbb{R}(s)$. Etapele algoritmului sînt: — se determină c.m.m.m.c. al polinoamelor de la numitorii funcţiilor de transfer ce compun pe $T(s)$, gradul acestui polinom fiind r; — se dezvoltă în serie formală de puteri ale lui s^{-1} matricea de transfer $T(s)$, prin dezvoltarea în serie a fiecărei funcţii de transfer strict proprii din compunerea lui $T(s)$ şi se trunchiază această serie la puterea $(-2r)$ inclusiv, rezultînd:

$$T(s) = F_1 s^{-1} + F_2 s^{-2} + \ldots + F_{2r-1} s^{-2r+1} + F_{2r} s^{-2r} \Big| + \ldots$$

unde F_i: $i = \overline{1, 2r}$ sînt matrici de tip $(p \times m)$.

— se formează matricea Hankel „trunchiată":

$$K_p = \begin{bmatrix} F_1 & F_2 & F_3 & \cdots\cdots & F_r \\ F_2 & F_3 & F_4 & \cdots\cdots & F_{r+1} \\ \vdots & & & & \\ F_r & F_{r+1} & F_{r+2} & \cdots\cdots & F_{2r-1} \end{bmatrix} \in \mathbb{R}^{pr \times mr}$$

— se aduce K_p la forma diagonal canonică, reţinînd matricile U şi V ce realizează această transformare

$$\Lambda = UK_pV = \begin{bmatrix} \begin{matrix} 1 & & & \\ & 1 & & \\ & & \ddots & \\ & & & 1 \end{matrix} & & & 0 \\ & & 0 & \\ & & & \ddots \\ 0 & & & 0 \end{bmatrix}$$

rangul n al matricii Λ fiind dimensiunea minimală a realizării (A, B, C). Se notează cu E_q^1, $(q \times 1)$ — matricea extrasă din Λ începînd din colţul stînga-sus.

— se calculează matricile A, B, C ale realizării minimale cu relaţiile:

$$B = E_n^{pr} U K_p E_{mr}^m$$

$$C = E_p^{pr} K_p V E_{mr}^n$$

$$A = E_n^{pr} U \hat{K}_p V E_{mr}^n$$

unde

$$\hat{K}_p = \begin{bmatrix} F_2 & F_3 & \cdots\cdots & F_{r+1} \\ F_3 & F_4 & \cdots\cdots & F_{r+2} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ F_{r+1} & F_{r+2} & \cdots\cdots & F_{2r} \end{bmatrix} \in \mathbb{R}^{pr \times mr}$$

algoritm lead-lag, algoritm de reglare ce presupune utilizarea pentru regulator a unei funcţii de transfer de forma

$$H_c(s) = K \cdot \frac{1 + T_1 s}{1 + T_2 s}$$

deci cu un zero $(-1/T_1)$, producînd efectul de „anticipare" (lead) şi un pol $(-1/T_2)$ producînd efectul de întîrziere. Algoritmul se poate utiliza fie prin implementarea pe regulatoare de tip continuu, fie pe regulatoare de tip numeric. În acest ultim caz, după discretizare, forma comenzii $u(kT) = u_k$ dată procesului este

$$u_k = \sum_{i=0}^{m} a_i \varepsilon_{k-i} + \sum_{i=1}^{n} b_i u_{k-i}$$

ε_{k-i} fiind eroarea, iar a_i, b_i coeficienţi de ajustare dependenţi de modelul procesului şi caracteristicile de regim tranzitoriu şi staţionar impuse. În esenţă **a. 1.—1.** nu este diferit de algoritmul *PID*.

algoritm PID, algoritm de reglare conform căruia comanda $u(t)$, aplicată procesului este proporţională cu eroarea $\varepsilon(t)$ între mărimea de referinţă $r(t)$ şi valoarea măsurată $y(t)$, ($\varepsilon(t) = r(t) - y(t)$), cu integrala acesteia, precum şi cu derivata erorii $\varepsilon(t)$. De altfel, **a. PID** provine de la componentele proporţională, integrală şi derivativă faţă de eroare, ale comenzii. Aceasta se scrie:

$$u(t) = K_p \cdot \varepsilon(t) + K_i \int_0^t \varepsilon(\tau)\,\mathrm{d}\tau + K_d \frac{\mathrm{d}\varepsilon(t)}{\mathrm{d}t}$$

K_p, K_i, K_d fiind constantele de acordare proporţională, respectiv integrală şi derivativă ale regulatorului ce implementează algoritmul.

O altă formă de scriere a comenzii $u(t)$ este:

$$u(t) = K_R \left(\varepsilon(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t \varepsilon(\tau)\,\mathrm{d}\tau + T_d \frac{\mathrm{d}\varepsilon(t)}{\mathrm{d}t} \right),$$

cu T_i şi T_d constantele de timp de integrare şi, respectiv, de derivare, iar K_R factorul de proporţionalitate. Oricare din formele lui $u(t)$ prezentate mai sus sînt uşor de elaborat utilizîndu-se regulatoare automate de tipul continuu, realizate în principiu cu ajutorul unor amplificatoare operaţionale prevăzute cu reacţie adecvată. Elementele reacţiei sînt ajustabile, în ideea de a conferi versatilitate regulatorului. Cînd $K_i = 0$, deci componenta proporţională cu integrala erorii a comenzii $u(t)$ este absentă, regulatorul implementează algoritmul de tip *PD*. Analog se obţin regulatoare de tip P, *PI* etc. În condiţiile în care la implementarea **a. PID** se utilizează echipamente numerice (de ex., realizate cu microprocesoare sau cu calculatoare de proces) comanda $u(t)$ este elaborată la anumite momente de timp, separate între ele prin intervale egale T, numite perioade de eşantionare. Notînd $u(kT) = u_k$, $\varepsilon(kt) = \varepsilon_k$, $k \in N$, comanda u_k se scrie

$$u_k = K_p \varepsilon_k + K_i \sum_{j=1}^{k} \varepsilon_j T + K_d \frac{\varepsilon_k - \varepsilon_{k-1}}{T}$$

Integrarea s-a aproximat prin însumare (metoda dreptunghiurilor), iar diferenţierea prin scădere şi împărţire. Integrarea se poate aproxima şi prin metoda trapezelor. De regulă, se foloseşte o altă formă, derivată din cea anterioară, pentru comanda u_k:

$$u_k = u_{k-1} + c_1 \varepsilon_k + c_2 \varepsilon_{k-1} + c_3 \varepsilon_{k-2}$$

c_1, c_2, c_3 calculîndu-se în funcţie de perioada de eşantionare T, K_p, K_i, K_d, iar $(\cdot)_{k-i}$ reprezentînd valoarea mărimii $(\cdot)$ cu i perioade de eşantionare înaintea perioadei k. Elaborarea comenzii corespunzătoare **a. PID** presupune memorarea a patru variabile şi trei constante, precum şi efectuarea a trei înmulţiri şi trei adunări.

algoritmul lui Euclid, algoritm care permite determinarea c.m.m.d.c. al polinoamelor $p_1(s), p_2(s), \ldots, p_n(s) \in \mathbb{R}(s)$ (inelul polinoamelor de grad mai mic sau egal cu n). Pentru aceasta se formează $n \times (n+1)$ matricea

$$A(s) = \left[\begin{array}{c|c} p_1(s) & \\ p_2(s) & \\ \vdots & I_n \\ p_n(s) & \end{array}\right]$$

pentru care se aplică următorul algoritm: se găseşte polinomul $p_k(s)$ de grad minim, nenul, şi se aduce pe prima poziţie, permutînd linia k din matricea $A(s)$ cu linia 1 şi reindexînd polinoamele, $p_k(s)$ devine $p_1(s)$, iar $p_1(s)$ devine $p_k(s)$; fie

$$p_i(s) = p_1(s)\, q_i(s) + r_i(s)\ ;\ i > 1$$

cu $\partial[r_i(s)] < \partial[p_1(s)]$ şi deci făcînd operaţiile de înmulţire a liniei 1 din $A(s)$ cu $q_i(s)$ şi scăzînd rezultatul din linia i se va obţine matricea

$$\left[\begin{array}{c|c} p_1(s) & \\ r_2(s) & \\ \vdots & U_1(s) \\ r_n(s) & \end{array}\right]$$

Dacă se repetă această operaţie se ajunge în final la forma:

$$\left[\begin{array}{c|c} d(s) & \\ 0 & \\ 0 & U(s) \\ \vdots & \\ 0 & \end{array}\right]$$

unde $d(s)$ reprezintă c.m.m.d.c. al polinoamelor $p_i(s)$, $i = 1, n$, iar $U(s)$ este transformarea unimodulară ce asigură

$$U(s) \begin{bmatrix} p_1(s) \\ p_2(s) \\ \vdots \\ p_n(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d(s) \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}$$

După determinarea c.m.m.d.c. se poate calcula şi c.m.m.m.c. al polinoamelor $p_i(s)$, $i = \overline{1, n}$ cu relaţia evidentă:

$$\text{c.m.m.m.c.} = \frac{p_1(s) \cdot p_2(s) \ldots p_n(s)}{\text{c.m.m.d.c.}}$$

alocare de poli, procedură tipică de rezolvare a problemei de sinteză elementară a sistemelor liniare şi invariante. Admiţînd că starea x este măsurabilă, atunci sistemul liniar

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t)$$

$$y(t) = Cx(t)$$

în prezenţa legii de comandă

$$u(t) = Fx(t) + Gv(t)$$

devine

$$\dot{x}(t) = (A + BF)x(t) + BGv(t)$$
$$y(t) = Cx(t)$$

dinamica sistemului cu reacţie fiind determinată de $\sigma(A + BF)$ = spectrul valorilor proprii ale matricii $(A + BF)$ şi care reprezintă polii sistemului în circuit închis. Problema **a.de.p.** revine deci la a determina matricea de reacţie F astfel încît $\sigma(A + BF) = \Lambda$, unde Λ este o mulţime simetrică de n numere complexe alese astfel încît răspunsul sistemului cu reacţie să satisfacă performanţele impuse. Rezolvarea concretă a problemei **a.de.p.** este posibilă dacă şi numai dacă perechea (A, B) este controlabilă.

alunecător *(regim alunecător)*, regim specific de funcţionare a sistemelor cu neliniarităţi de tip releu. Traiectoria de stare este de tipul unei oscilaţii de mică amplitudine şi înaltă frecvenţă, în jurul unei hipersuprafeţe, numită hipersuprafaţa de comutaţie. Abaterea faţă de această hipersuprafaţă fiind redusă, în analiza acestui regim se poate considera că, traiectoria este conţinută în hipersuprafaţa de comutaţie, rezultînd că dinamica va depinde numai de hipersuprafaţă (nu va mai depinde de parametrii sistemului). O porţiune a unei hipersuprafeţe $q(x_1, x_2, \ldots, x_n) = 0$ va genera un regim **a.** dacă în această porţiune se îndeplineşte condiţia:

$$q \cdot \frac{\mathrm{d}q(x(t))}{\mathrm{d}t} < 0$$

adică, la orice abatere, oricît de mică, a traiectoriei de stare de la hipersuprafaţă, vectorul viteză este orientat spre hipersuprafaţă. Dacă $q(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ este formă liniară (hiperplan) atunci comportarea sistemului neliniar în regim **a.** este identică cu comportarea unui sistem liniar. În fig. A.3 este ilustrat cazul unui regim **a.** pentru $n = 2$.

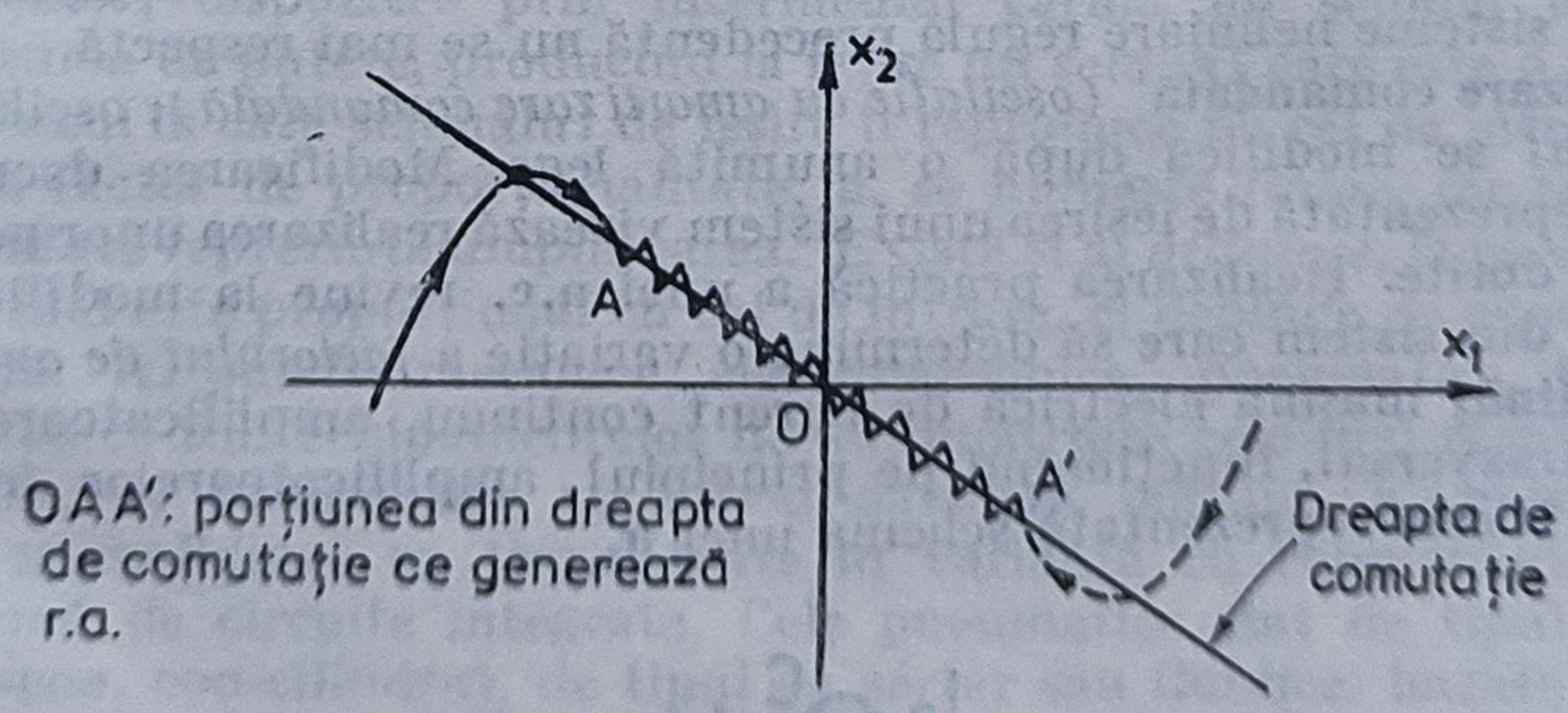


Fig. A.3. Traiectoria de stare în regim alunecător pentru $n = 2$.

amortizare, descreşterea în timp sau în spaţiu a amplitudinii unei oscilaţii. În teoria sistemelor interesează numai **a.** în raport cu timpul; fie de ex. sistemul de întîrziere de ordinul II:

$$\ddot{y}(t) + 2\zeta\omega_n\dot{y}(t) + \omega_n^2 y(t) = 0; \qquad \zeta \in (0, 1),\ \omega_n > 0$$
$$y(0) = y_0,\ \dot{y}(0) = 0$$

care are soluţia

$$y(t) = \frac{y_0}{\sqrt{1-\zeta^2}} \; e^{-\zeta\omega_n t} \sin\left(\omega_n \sqrt{1-\zeta^2}\, t + \operatorname{arc\,tg} \frac{\sqrt{1-\zeta^2}}{\zeta}\right) \quad t > 0$$

şi căreia îi corespunde reprezentarea din fig. A.4.

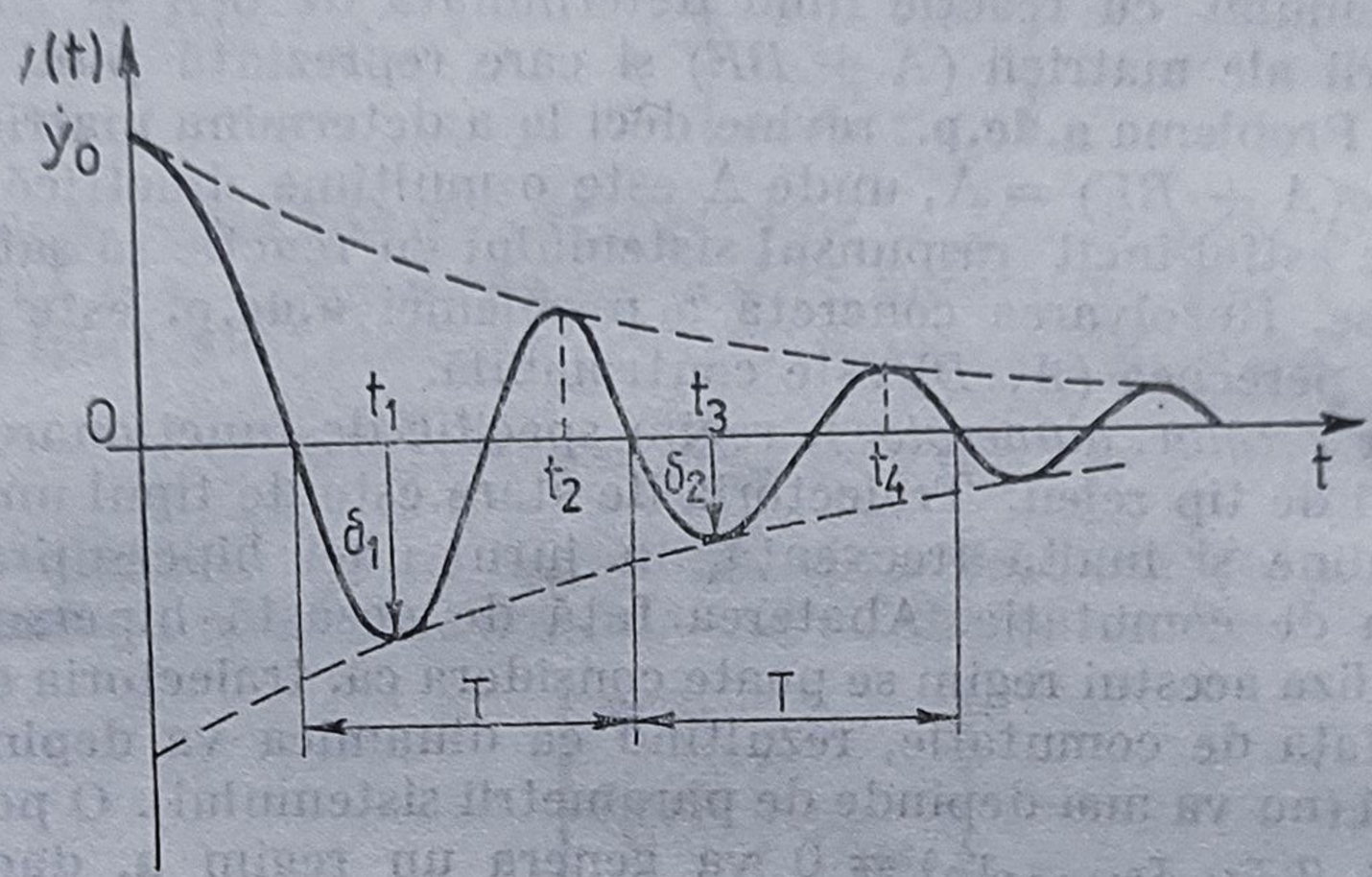


Fig. A.4. Reprezentarea grafică a unei oscilaţii amortizate.

Se introduce, pentru caracterizarea „gradului de a." indicele

$$\psi = \frac{\delta_1 - \delta_2}{\delta_1} = 1 - e^{-\frac{2\pi\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}}}$$

numit indice de **a.** a oscilaţiei sau decrement al oscilaţiei; la sistemele liniare, ψ este identic pentru oricare alte două extreme succesive de acelaşi semn (a. liniară); la sisteme neliniare regula precedentă nu se mai respectă.

amortizare comandată *(oscilaţie cu amortizare comandată)*, oscilaţie la care decrementul se modifică după o anumită lege. Modificarea decrementului oscilaţiei reprezentată de ieşirea unui sistem vizează realizarea unor performanţe tranzitorii dorite. Realizarea practică a unei **a.c.** revine la modificarea unui parametru din sistem care să determine o variaţie a *factorului de amortizare* ζ.

amplidină, maşină electrică de curent continuu, amplificatoare, cu cîmp magnetic trasversal, funcţionînd pe principiul amplificatoarelor în cascadă. În fig. A. 5 este reprezentată schema unei **a.**

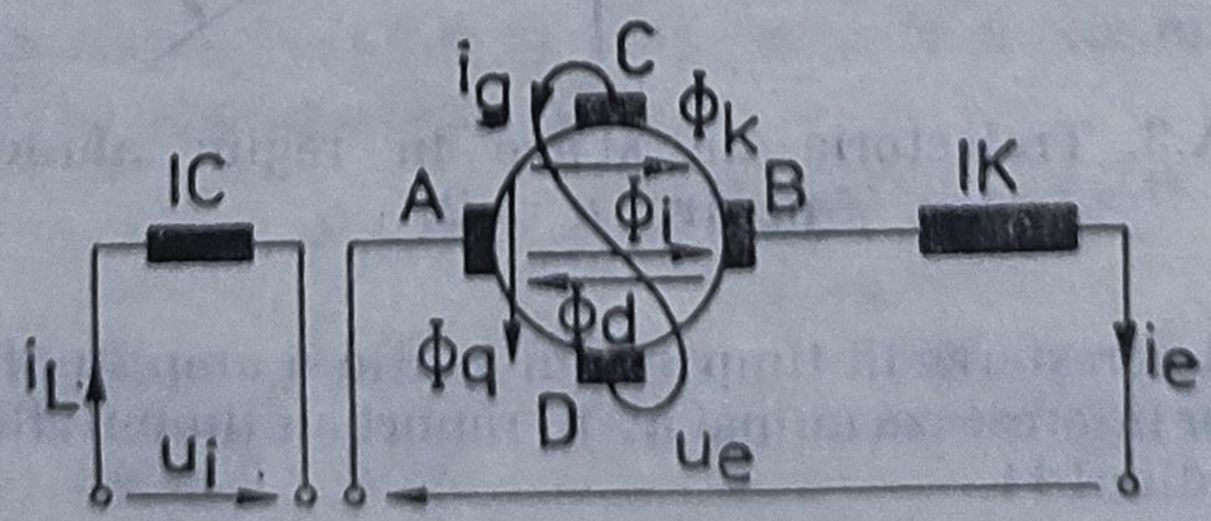


Fig. A.5. Schema de principiu a unei amplidine.

A. se realizează la puteri în gama: sute de waţi pînă la cca 20 kW. Coeficientul de amplificare în putere al **a.** ajunge pînă la ordinul zecilor de mii. **A.** este prevăzută de obicei cu trei-patru înfăşurări de excitaţie, care pot juca rolul de: înfăşurare de comparaţie, de reacţie pozitivă, de stabilizare sau de comandă. **A.** este utilizată ca generator, pentru reglarea automată a turaţiei motoarelor electrice în sisteme de tip generator-motor. În structura de reglare prezentată în fig. A.6 înfăşurarea stabilizatoare *IS* se comportă ca o reacţie după variaţiile tensiunii de ieşire a **a.** cu care este cuplată prin intermediul transformatorului *TS*. Înfăşurarea de reglare *IR* lucrează ca o reacţie după tensiune. La creşterea sarcinii pe arborele motorului, odată cu creşterea curentului de sarcină al motorului scade tensiunea din circuitul rotoric şi deci curentul prin *IR*. Deoarece solenaţiile înfăşurărilor *IR* şi *IC* sînt de sensuri inverse, solenaţia totală a celor două înfăşurări va creşte, determinînd creşterea curentului total de excitaţie al **a.** Drept urmare va creşte tensiunea de ieşire U_e a **a.** determinînd creşterea vitezei la arborele motorului.

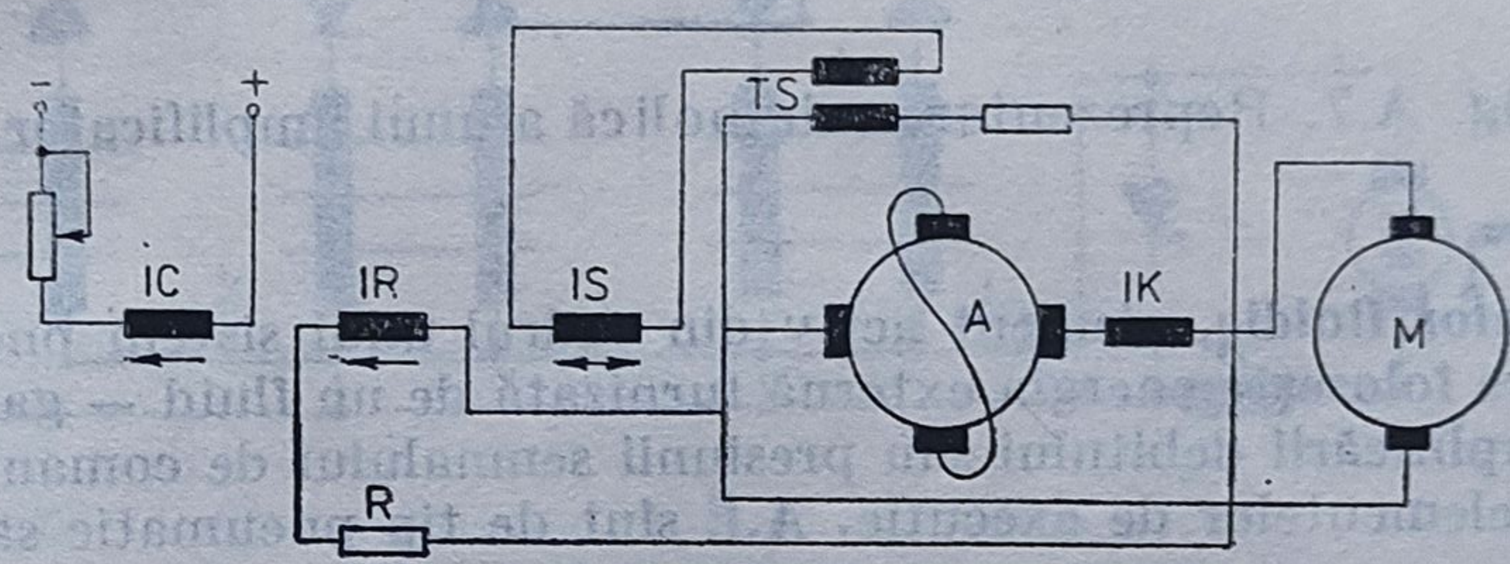


Fig. A.6. Grup generator-motor cu amplidină:
IC — înfăşurare principală de excitaţie separată; *IS* — înfăşurare stabilizatoare; *IR* — înfăşurare de reglare; TS — transformator; IK — înfăşurare de compensare; A — amplidină; M — motor; R — rezistenţă.

amplificator, dispozitiv prin intermediul căruia un semnal de intrare comandă o sursă de putere, producînd la ieşire un semnal care este o funcţie de intrare. În cazul în care semnalul de ieşire îl reproduce pe cel de intrare multiplicat cu un factor de proporţionalitate, **a.** se numeşte *liniar*, iar factorul de proporţionalitate reprezintă amplificarea. Există şi **a.** *neliniare*, la care semnalul de ieşire nu mai este proporţional cu cel de intrare, ci depinde de acesta după o lege neliniară. **A.** pot fi: mecanice, electromecanice, pneumatice, hidraulice, electronice. În cadrul echipamentelor de automatizare cele mai răspîndite sînt **a.** electronice, **a.** pneumatice şi, într-o oarecare măsură, **a.** hidraulice. **A.** electronice se realizează cu tranzistoare în varianta cu componente discrete sau sub formă de circuite integrate. Cele pneumatice sînt de tipul ajutaj — paletă (bilă-con, con-cilindru), de tipul cu sertar sau fluidice, bazate pe interacţiunea jeturilor. În raport de principiile de funcţionare, de structura şi de particularităţile elementelor componente se pot face diverse clasificări ale **a.** Întrucît varietatea cea mai mare de tipuri de **a.** o prezintă cele electronice, următoarea clasificare se va raporta la acestea. După natura curentului se disting **a.** de curent continuu, ce pot fi cu cuplaj direct sau cu modulare-demodulare, şi **a.** de curent alternativ, care la rîndul lor se împart în **a.** de bandă îngustă (selective sau acordate) şi **a.** de bandă largă. Din punctul de vedere al conexiunilor în intrare şi ieşire se deosebesc **a.** cu intrare şi ieşire faţă de masă, cu intrare diferenţială şi ieşire faţă de masă, cu intrare şi ieşire diferenţială. **A.**

se mai pot clasifica în **a.** de tensiune, de curent sau de putere. Categorii speciale de **a.** electronice le formează cele instrumentale, utilizate în aparatele de măsurat și caracterizate printr-o înaltă stabilitate a parametrilor funcționali, și cele operaționale prin intermediul cărora pot fi realizate diferite operații de calcul (sumare, integrare, diferențiere etc.). Simbolul grafic al unui **a.** este reprezentat în fig. A.7.

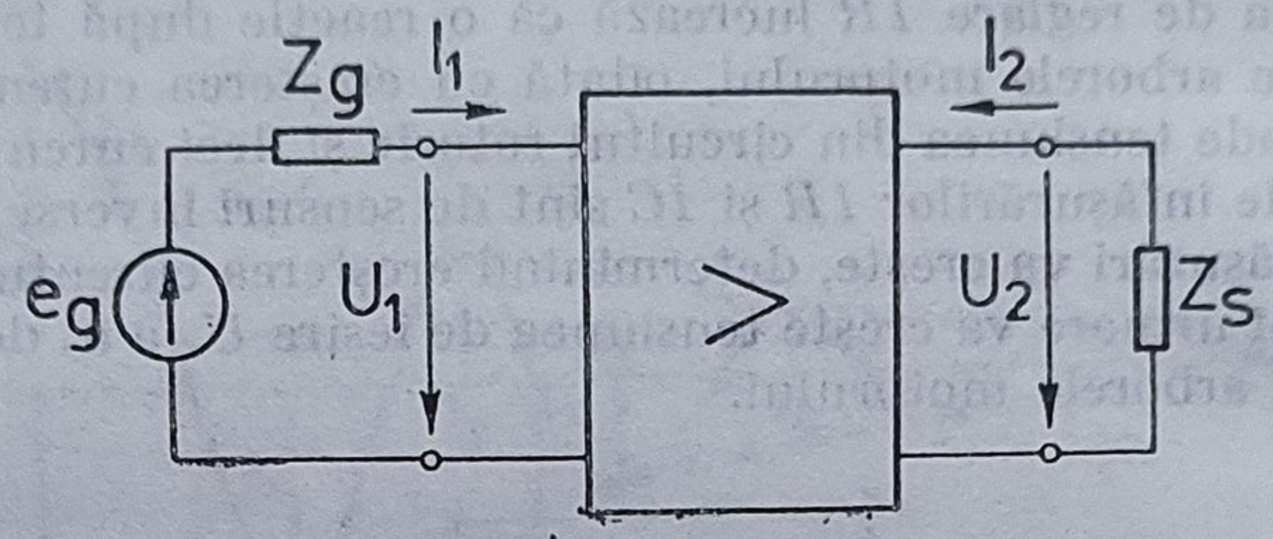


Fig. A.7. Reprezentarea simbolică a unui amplificator.

amplificator fluidic, element activ din cadrul unui sistem pneumatic sau hidraulic, care folosește energia externă furnizată de un fluid — gaz sau lichid, în scopul amplificării debitului sau presiunii semnalului de comandă a regulatoarelor sau elementelor de execuție. **A.f.** sînt de tip pneumatic sau hidraulic.

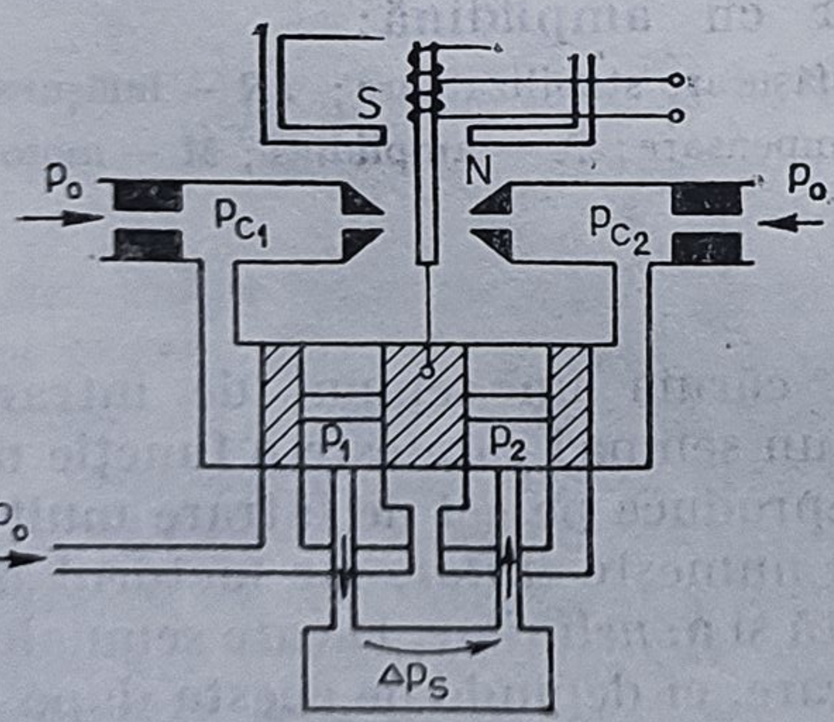


Fig. A.8. Schema de principiu a unui amplificator hidraulic cu reacție de forță.

amplificator hidraulic, amplificator fluidic ce utilizează energia unui lichid (de ex., ulei) și furnizează la ieșire o putere hidraulică mult mai mare decît puterea consumată la intrare pentru comandă. O clasificare a **a.h.** se poate face în funcție de: numărul de etaje: **a.h.** cu 1, 2 sau 3 etaje; tipul primului etaj de amplificare: **a.h.** cu ajutaj-paletă, cu tub mobil sau cu sertar; reacția internă: **a.h.** cu reacție directă de poziție, cu reacție de forță, cu reacție mecanică și cu resoarte de centrare; modul de comandă: **a.h.** cu comandă electrică, pneumatică, hidraulică, mecanică; mărimea de ieșire: **a.h.** cu ieșire de debit, de presiune, de presiune și debit. În fig. A.8 se prezintă un **a.h.** cu reacție de forță. Echipamentul de interfață electrohidraulic este realizat cu un convertor electromecanic cu magnet permanent *(CEMP)* cuplat direct cu primul etaj de amplificare hidraulic.

amplificator magnetic, organ de execuție electric, a cărui funcționare se bazează pe neliniaritatea de tip saturație a bobinelor cu miez de fier supuse în același timp atît unei magnetizări în curent alternativ, cît și unei magnetizări în curent continuu. Aceasta din urmă poate determina o modificare a permeabilității magnetice a miezului și deci și a inductanței bobinei. Principial, un **a.m.** este format din două bobine montate pe același circuit magnetic: bobina de lucru (*BL*) alimentată în curent alternativ și bobina de comandă (*BC*). Sarcina este notată cu R_s (fig. A.9).

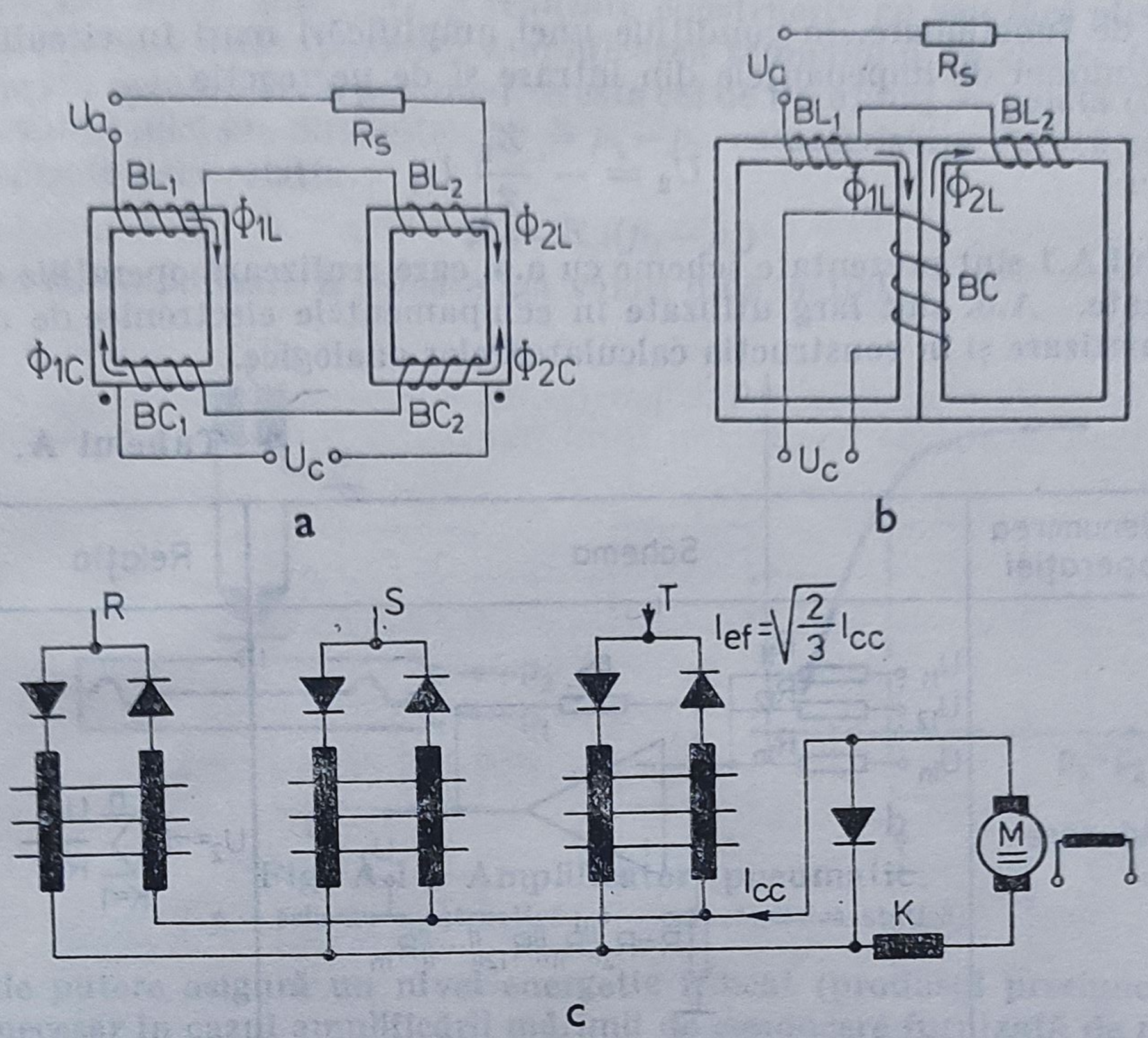


Fig. A.9. Amplificator magnetic:

a — serie; *b* — derivație; c—schema de comandă a unui motor de curent continuu cu amplificatoare magnetice în variantă trifazată.

Pentru a face sensibil **a.m.** la sensul curentului de comandă se folosesc mai multe soluții: introducerea unei înfășurări auxiliare de polarizare, montaj diferențial sau montaj în punte. **A.m.** sînt elemente statice, robuste, utilizate drept convertizoare curent alternativ/curent continuu pentru comanda pe indus a motoarelor de curent continuu nereversibile sau cu reversări rare, cît și pentru comanda excitațiilor la care nu este necesară forțarea micșorării curentului. Domeniul de puteri de utilizare: pînă la cca 250 kW. **A.m.** se folosesc și pentru reglarea turației motoarelor de curent alternativ asincrone, cu inele. Convertizoarele cu **a.m.** se utilizează în variantă monofazată sau trifazată, avînd conectate diodele conform schemei de saturație (fig. A.9, *c*). Comanda **a.m.** se face de la regulator prin intermediul amplificatoarelor finale basculante. În acest scop, semnalele obținute de la cele două ieșiri ale amplificatorului basculant se scad prin aplicarea pe două înfășurări de comandă ale **a.m.**

amplificator operațional, amplificator de curent continuu cu reacție negativă care permite efectuarea unor operații matematice cum sînt adunarea, scăderea, integrarea și diferențierea. Schema de principiu a unui **a.o.** este reprezentată în fig. A.10.

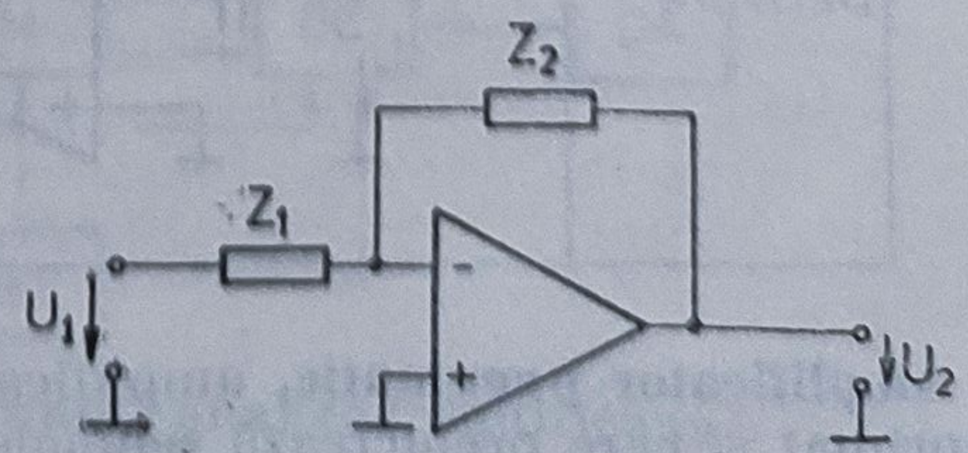


Fig. A.10. Reprezentarea schematică a unui amplificator operațional.

Relaţia de funcţionare, în condiţiile unei amplificări mari în circuit deschis, depinde numai de impedanţele din intrare şi de pe reacţie

$$U_2 = -\frac{Z_2}{Z_1} U_1$$

În tabelul A.1 sînt prezentate scheme cu **a.o.** care realizează operaţiile de calcul menţionate. **A.o.** sînt larg utilizate în echipamentele electronice de măsurare şi automatizare şi în construcţia calculatoarelor analogice.

Tabelul A. 1

Denumirea operaţiei	Schema	Relaţia
Adunare	U_{11}, U_{12}, U_{1n}, R_{11}, R_{12}, R_{1n}, R_2, U_2, $R=R_2 \parallel R_{11} \parallel R_{12} \parallel \cdots \parallel R_{1n}$	$U_2=-R_2\sum_{K=1}^{n}\frac{U_{1K}}{R_{1K}}$
Scădere	R_2, R_1, U_{11}, R_1, U_{12}, R_2, U_2	$U_2=\frac{R_2}{R_1}(U_{12}-U_{11})$
Integrare	C, R, U_1, U_2	$U_2=-\frac{1}{RC}\int U_1\,dt$
Derivare	R, C, U_1, U_2	$U_2=-RC\frac{dU_1}{dt}$

amplificator pneumatic, amplificator fluidic ce utilizează energia aerului comprimat şi care prelucrează semnale de comandă de tip presiune sau debit,

deplasare sau forță. **A.p.** pot fi realizate constructiv cu sau fără piese mobile Un **a.p.** frecvent utilizat pentru amplificarea semnalului de eroare (ca preamplificator) în regulatoarele pneumatice este cel de tip ajutaj — paletă (fig. A.11). Pentru valori mici ale diferenței $\Delta p = p_1 - p_2$, caracteristica statică este liniară și se exprimă prin relația:

$$p = K_A(p_1 - p_2)$$

Factorul de amplificare K_A poate lua valori pînă la 100.

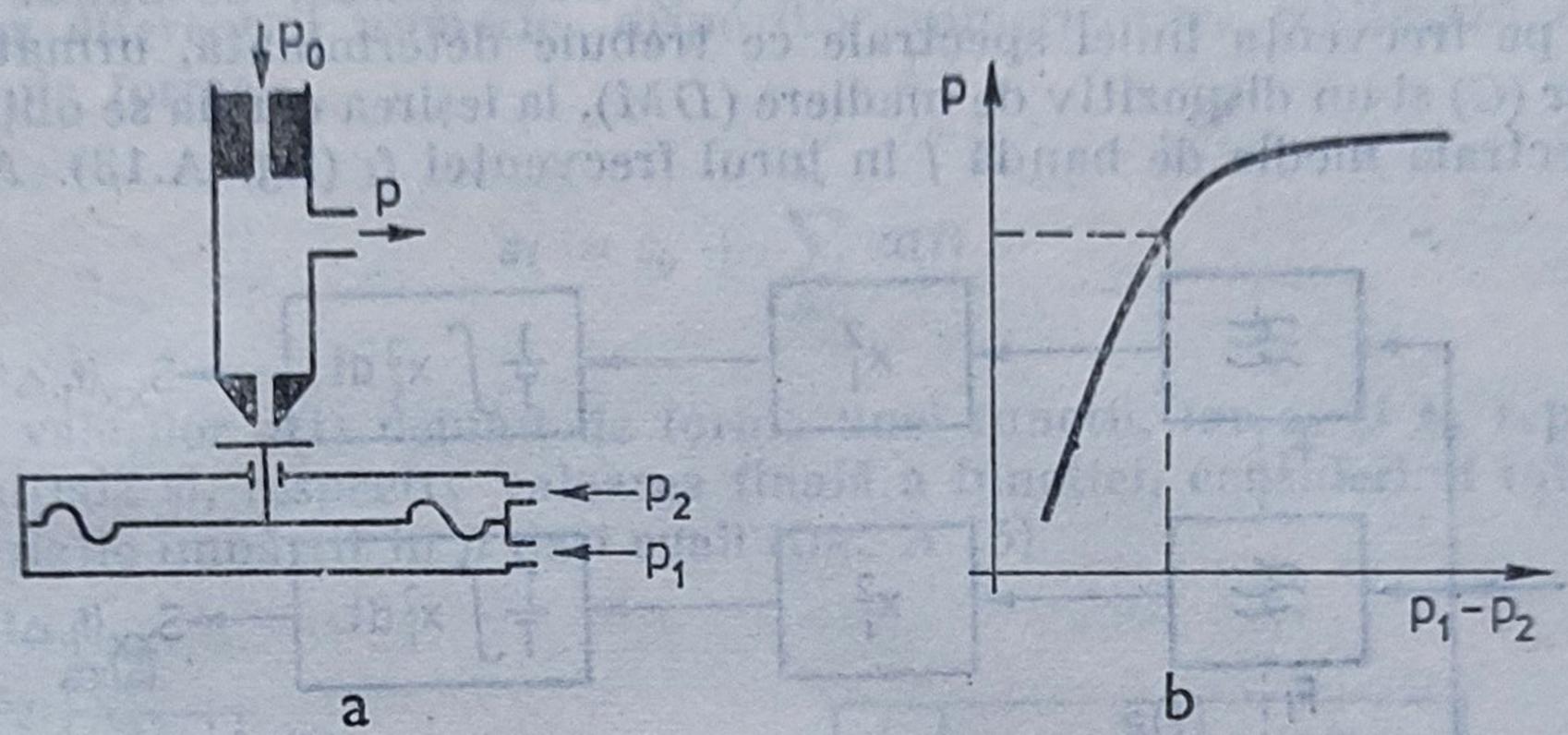


Fig. A.11. Amplificator pneumatic:
a — schema constructivă; *b* — caracteristica statică.

A.p. de putere asigură un nivel energetic ridicat (produsul presiune debit — *PQ*), necesar în cazul amplificării mărimii de conducere furnizată de regulatoarele pneumatice, care trebuie să acționeze asupra elementelor de execuție. De regulă, **a.p.** de putere sînt amplificatoare de debit realizate cu rezistențe de tip bilă-con, con-cilindru, sau combinate.

amplitudine, valoarea maximă pe care o ia, în timp, o mărime (o variabilă). Termenul **a.** se utilizează frecvent pentru caracterizarea mărimilor armonice prin intermediul reprezentărilor fazoriale, desemnînd modulul A al fazorului $Ae^{j\varphi}$.

analizor, aparat destinat operațiilor de prelucrare a semnalelor, de regulă în timp real. Pentru a satisface cerințele de precizie și viteză de lucru, **a.** moderne se realizează cu structuri numerice. Analiza semnalelor poate fi realizată în timp sau în frecvență, deosebindu-se următoarele tipuri de **a.**:
— **a.** *multicanal*, **a.** în domeniul timpului utilizat pentru efectuarea histogramei semnalului, adică clasificarea eșantioanelor după amplitudine, sau prin extensie pentru determinarea densității de probabilitate a unei mărimi aleatoare. În principiu un **a.** multicanal este format dintr-un convertor analog-numeric care permite cuantificarea în nivel a semnalelor (*CAN*), o memorie (*M*) adresată prin registrul de adrese (*RA*), un bloc de calcul (*BC*) pentru operații elementare de adunare—scădere, un dispozitiv de elaborare comenzi (*DEC*) care gestionează fluxul de informații, un bloc bază de timp (*BT*) și dispozitivul de afișare (*DA*). Schema bloc a unui **a.** multicanal este prezentată în fig. A.12. Schema permite

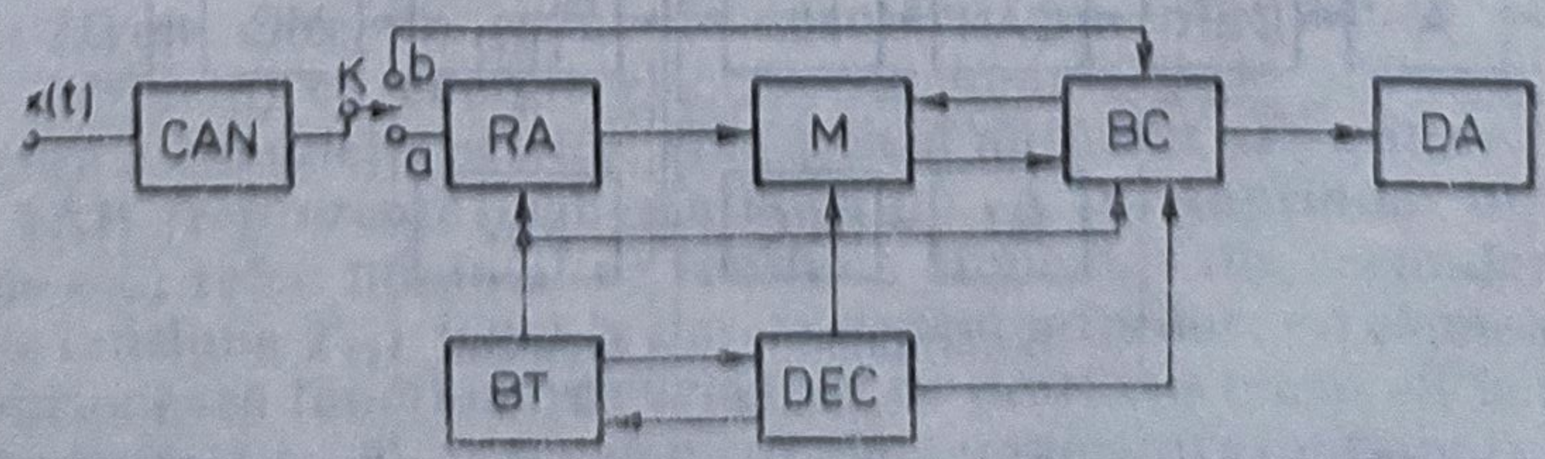


Fig. A.12. Schema bloc a unui analizor multicanal.

funcționarea în două regimuri, selectate prin comutatorul K: a) ca selector de date (mod statistic), efectuînd analiza de amplitudine a semnalului; b) în regim secvențial, permițînd introducerea în memorie sub formă numerică a mărimii analizate în ordinea succesivă a evoluției în timp a semnalului;

—**a.** *spectral*, **a.** care realizează analiza în frecvență a semnalelor, permițînd, de regulă, obținerea de linii sau benzi spectrale înguste ale spectrelor funcției semnal. Aceste aparate se împart în două categorii mari: a) **a.** spectral cu filtrare, care conține mai multe filtre (F_i) trece bandă, de bandă îngustă, centrate pe frecvența liniei spectrale ce trebuie determinată, urmate de un cuadrator (C) și un dispozitiv de mediere (DM), la ieșirea căruia se obține densitatea spectrală medie de bandă f în jurul frecvenței f_i (fig. A.13). Analiza în

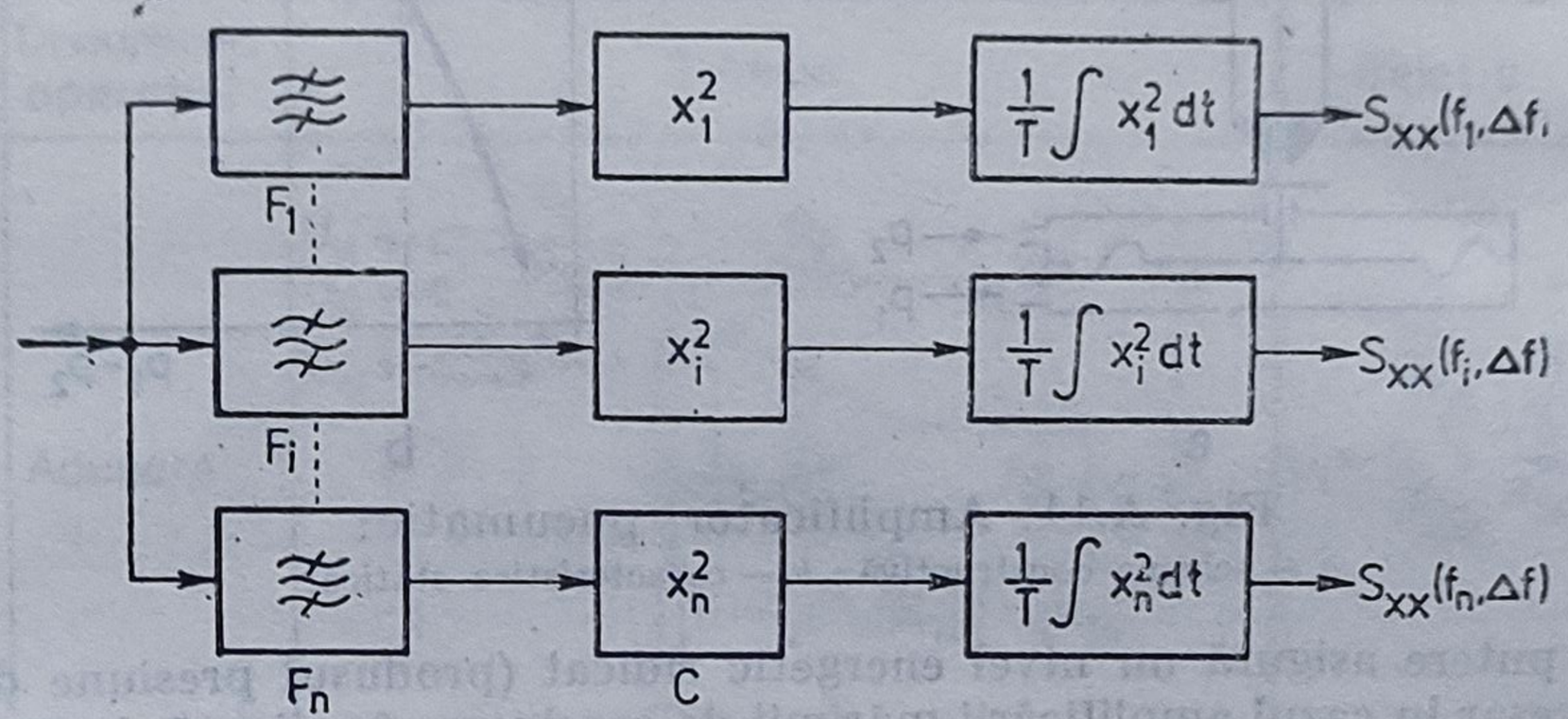


Fig. A.13. Schema bloc a unui analizor spectral.

paralel permite ca **a.** *spectral cu filtrare* să lucreze la frecvențe ridicate (sute de kHz); în schimb se pierde orice informație despre faza semnalului; b) **a.** Fourier, aparat care permite calculul numeric al transformatei Fourier a semnalului (*TFD — Transformata Fourier Discretă*), de obicei prin algoritmi de calcul rapid care reduc numărul de multiplicări (*TFR — Transformata Fourier Rapidă*). Aparatele de acest tip sînt echipamente de calcul specializate, de mare complexitate, operînd pe blocuri de date (numărul de eșantioane pe o perioadă fixată printr-o fereastră de ponderare) și oferind, de asemenea, în bloc liniile spectrale, fie sub formă de real și imaginar pentru fiecare frecvență, fie sub formă de amplitudine și fază. Schema de principiu a unui **a.** Fourier (fig. A.14) conține patru secțiuni principale: secțiunea de intrare, care conține un

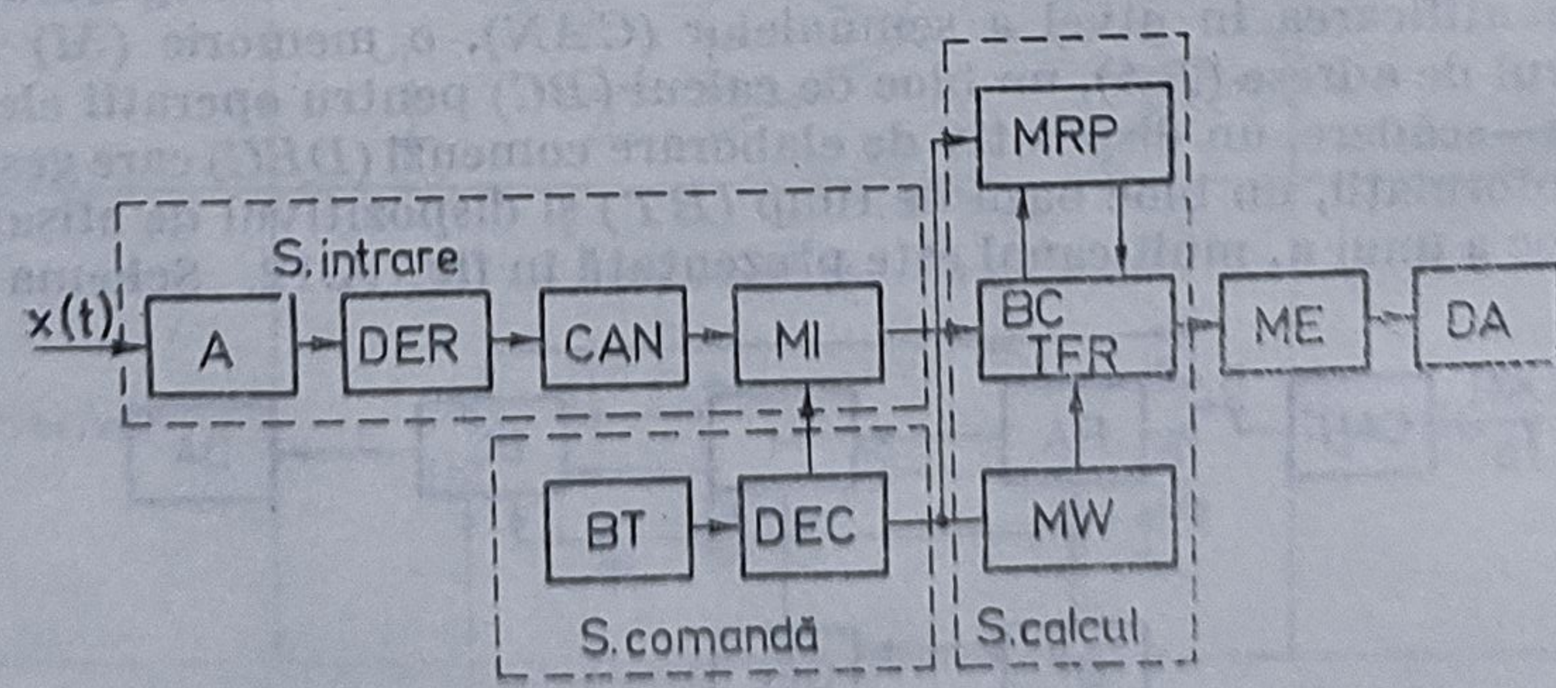


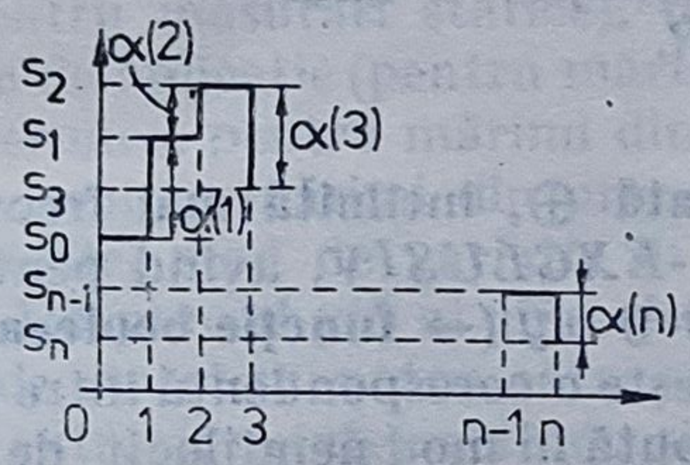
Fig. A.14. Schema de principiu a unui analizor Fourier.

atenuator (A), un dispozitiv de eşantionare şi reţinere (DER), un convertor analog-numeric (CAN) şi memoria de intrare (MI); secţiunea de calcul, care conţine blocul de calcul pe baza algoritmului TFR ($BC-TFR$), memoria coeficienţilor de ponderare — valori de sinus şi cosinus — (MW) şi memoria rezultatelor parţiale (MRP); secţiunea de comandă, care conţine blocul de bază de timp (BT) şi dispozitivul de elaborare a comenzilor (DEC); secţiunea de ieşire care conţine memoria de ieşire (ME) şi dispozitivul de afişare (DA).

analizor diferenţial numeric, dispozitiv numeric care realizează calculul unei sume de forma

$$s_i = s_0 + \sum_{i=0}^{n} \alpha(i)$$

unde seria valorilor $\alpha(i)$ depind de forma unei funcţii, iar s_0 şi s_n reprezintă valoarea iniţială şi, respectiv valoarea finală a funcţiei, considerînd intervalul total de variaţie împărţit în n paşi egali (fig. A.15).



i	s(i)
0	s_0
1	$s_0+\alpha(1)$
2	$s_0+\alpha(1)+\alpha(2)$
⋮	⋮
n	$s_0+\alpha(1)+\alpha(2)+\ldots+\alpha(n)$

Fig. A.15. Diagrama de funcţionare a unui analizor diferenţial numeric.

A.d.n. permit rezolvarea, prin integrare, a sistemelor de ecuaţii diferenţiale. Se utilizează în special în comanda numerică de conturare pentru găsirea ecuaţiei traiectoriei aproximate a sculei (interpolare liniară şi circulară) la care se foloseşte o definire parametrică a curbei, variabila comună pe axele x,y fiind timpul. Implementarea unei structuri **a.d.n.** se face cel mai comod utilizînd codul binar — natural, în două variante: cu sumare paralel şi calculul anticipat al transportului sau cu sumare serie şi vehicularea informaţiei în registre de deplasare.

analogic, denumire atribuită unor semnale de intrare, de comandă, de ieşire etc. avînd variaţii continue, similare cu cele ale mărimilor primare pe care le reprezintă. Prin extensie, dispozitivele, aparatele şi echipamentele care operează cu astfel de semnale sînt denumite **a.** Relaţiile care reprezintă dependenţa intrare-ieşire pentru un dispozitiv **a.** sînt funcţii continue, care pot fi liniare sau neliniare.

anclanşarea automată a alimentării de rezervă (AAR), sistem cuprinzînd toate dispozitivele care, în cazul deconectării din orice cauză a alimentării normale (de serviciu) cu energie electrică în instalaţii de utilizare, distribuţie şi de producere a energiei electrice, conectează automat alimentarea de rezervă. Un sistem **AAR** (reprezentat schematic în fig. A.16) cuprinde: un element de pornire *1* (de ex., releu minimal de tensiune alimentat din secundarul transformatorului de tensiune T_{t_1}) legat la barele consumatorilor; un element de control *2*, care condiţionează funcţionarea schemei de prezenţa tensiunii la alimentarea de rezervă (măsurată cu T_{t_2}); un element de temporizare (opţional) *3* şi un element de blocaj la acţionări repetate *4*; I_1 şi I_2 sînt două întreruptoare cu inter-

blocare (I_2 nu cuplează decît dacă I_1 a fost declanșat). Pornirea unui sistem **AAR** poate fi comandată de scăderea sub o anumită valoare a tensiunii pe bare pînă la o valoare $U_{rez} \leqslant 0{,}4\ U_{nom}$ (pornire cu întîrziere) sau de declanșarea unuia din întreruptoarele alimentării normale (pornire rapidă). Timpul de pauză pînă la acționarea întreruptorului de rezervă se numește timp **AAR**.

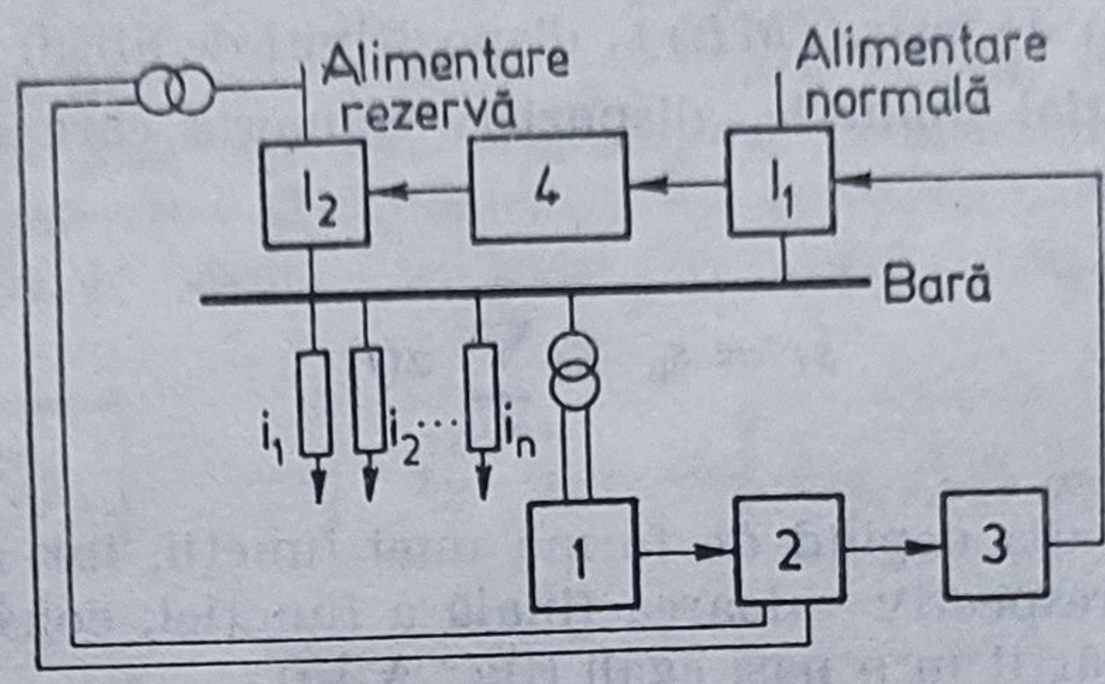


Fig. A.16. Schema de principiu a unui sistem *AAR*.

anticoincidență, funcție booleeană, notată $\oplus$, întîlnită mai frecvent sub denumirea funcție *sumă-modulo 2*, ori *SAU-EXCLUSIV*, avînd pentru două variabile binare x, y expresia $f = x \oplus y = \bar{x}y \cup x\bar{y}$ (→ **funcție booleeană**).

aparat de măsurat, dispozitiv care stabilește o corespondență între mărimea de măsurat și o altă mărime ce poate fi percepută în mod nemijlocit de organele de simț umane, astfel încît permite determinarea sub formă numerică a valorii mărimii de măsurat în cadrul scării de măsurare adoptată. Structura tipică a unui **a.de m.** este reprezentată în fig. A.17. *ES* reprezintă elementul sensibil;

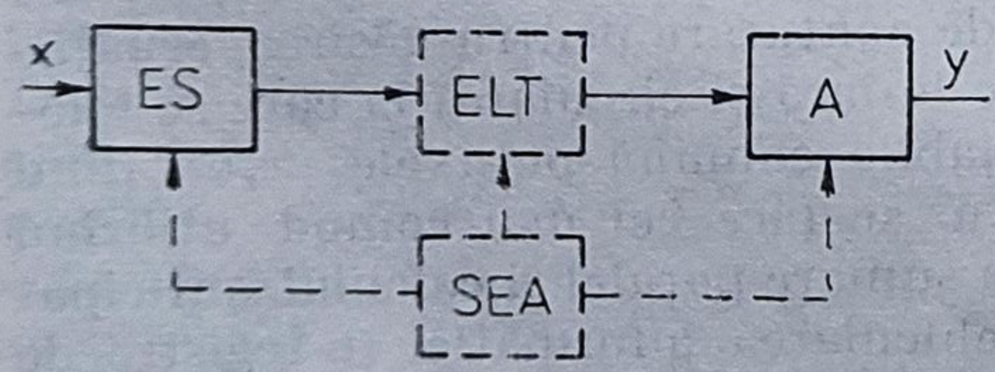


Fig. A.17. Structura tipică a unui aparat de măsurat.

ES — element sensibil; *A* — adaptor; *ELT* — elemente de legătură și transmisie; *SEA* — sursă de energie auxiliară; *x* — mărimea de măsurat; *y* — mărimea perceptibilă.

A — adaptorul; *ELT* — elemente de legătură și transmisie; *SEA* — sursa de energie auxiliară; *X* — mărimea de măsurat; *Y* — mărimea perceptibilă. Elementul sensibil sau detectorul *ES* este elementul esențial, specific pentru măsurarea unei anumite mărimi fizice și care are proprietatea de a detecta numai mărimea de măsurat, eliminînd sau reducînd la un minim acceptabil influența celorlalte mărimi din mediul în care se efectuează operația de măsurare. Elementul sensibil, potrivit unei relații de dependență, consecință a legilor fizice pe care se bazează funcționarea sa, furnizează la ieșire un semnal apt de a acționa asupra celorlalte elemente ale **a. de m.** Pentru generarea acestui semnal elementul sensibil preia o anumită energie de la însăși mărimea de măsurat sau de la sursa de energie auxiliară. Adaptorul — al doilea element important din structura **a. de m.** — primește semnalul dat de elementul sensibil, care poate fi de natură fizică variată, și îl convertește într-o mărime perceptibilă, astfel încît să permită sesizarea valorii măsurate de către operatorul uman (de ex., deplasarea unui ac indicator în fața unei scale gradate). În afara elementului sensibil și a adaptorului, care apar în structura oricărui **a. de m.**, indiferent de complexitatea sa, particularități legate de aspecte tehnologice sau economice

impun necesitatea unor dispozitive auxiliare — elemente de legătură și transmisie *ELT* și sursa de energie auxiliară *SEA*. Elementele de legătură și transmisie capătă o pondere ce impune evidențierea lor separată, de ex., în acele cazuri cînd elementul sensibil nu poate fi plasat în aceeași unitate constructivă cu adaptorul. Ele realizează legături electrice, mecanice, optice etc. și adesea cuprind dispozitive de conversie a semnalului dat de elementul sensibil potrivit cerințelor canalelor de transmisie. Sursele de energie auxiliară sînt necesare îndeosebi pentru mărimile care nu au disponibilități energetice și nu permit funcționarea **a.de m.** pe baza energiei proprii. Procesul de măsurare implică o serie de transformări energetice și, în astfel de cazuri, ele se realizează pe baza modulării de către mărimea de măsurat a unui semnal de putere furnizat de *SEA*. Există o mare varietate de **a.de m.**, ele fiind indispensabile în orice ramură de activitate. Ca urmare, se disting și numeroase modalități de clasificare în funcție de principiile constructive ale elementelor componente (mecanice, electrice, electronice, pneumatice, hidraulice, termice); modul de afișare a rezultatului măsurării (analogice, numerice); destinație și performanțe (de laborator, industriale); regimul de variație a mărimii de măsurat (indicatoare (pentru măsurări statice), înregistratoare (pentru măsurări dinamice); domeniile de aplicație (pentru mărimi mecanice, pentru mărimi electrice, pentru mărimi termice, pentru mărimi din procese chimice, pentru mărimi din procese biologice, pentru mărimi din procese radiante).

aperiodic, mod de variație în timp al unei mărimi care nu are conținut periodic. Răspunsul $y(t)$ al unui sistem este **a.** dacă, plecînd din condiții inițiale nule, tinde strict monoton către valoarea de regim staționar y_{st}, sau are ce mult un extrem, neintersectîndu-și valoarea y_{st}, așa cum se arată în fig. A.18.

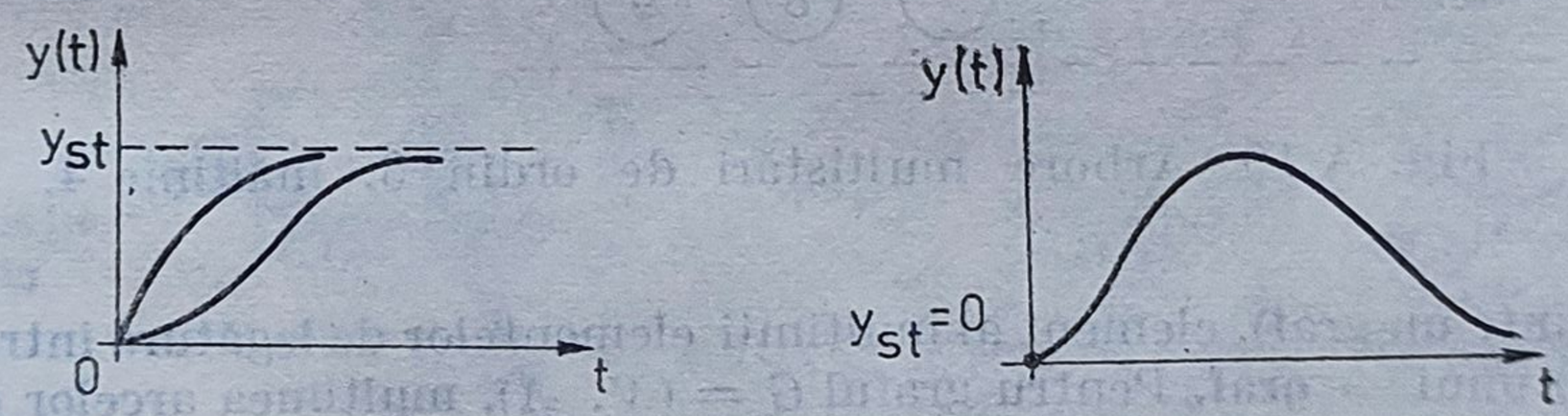


Fig. A.18. Răspunsuri aperiodice tipice.

Particularitatea esențială a acestui regim este absența oscilațiilor, adică se asociază soluțiilor unor ecuații diferențiale ale căror ecuații caracteristice au rădăcini reale. Se numește sistem (sau element de sistem) **a.** acel sistem (element) ce are răspuns (pondere sau indicial) **a.**, adică este descris intrare-ieșire de o funcție de transfer cu poli reali.

aproximare stocastică, procedeu de aproximare reprezentînd varianta stocastică a metodei de gradient. **A.s.** constituie o procedură recursivă de optimizare bazată pe observații, perturbate în mod aleator, ale funcției criteriu și/ sau ale gradientului acesteia. În condiții generale, algoritmii de aproximare converg, cînd numărul de observații tinde la infinit, la un optim local al funcției criteriu. Viteza de convergență este puternic influențată de secvența utilizată pentru a controla lungimea pasului. **A.s.** are aplicații în numeroase domenii: sisteme adaptive, sisteme instruibile, recunoașterea formelor, identificarea și estimarea parametrilor sistemelor etc.

arbore, graf orientat fără cicluri, $A = (V, L)$ cu V — mulțimea vîrfurilor (nodurilor) și L — mulțimea laturilor (arcelor), avînd proprietățile: există un singur vîrf inițial (numit și rădăcină) spre care nu este orientat nici un arc;

pentru orice vîrf $i \in V$, cu $i \neq r$, există un singur arc dirijat spre i; orice vîrf diferit de r este accesibil din r. O cale între două vîrfuri i și j are o lungime egală cu numărul de vîrfuri prin care trece, mai puțin 1. Într--o cale de lungime l, i este predecesorul lui j, respectiv j este succesorul (sau descendentul) lui i. Dacă l este lungimea căii celei mai lungi, atunci $h = l + 1$ este înălțimea **a.** Un subarbore $A' = (V', L')$ al lui A are proprietatea că $V' \subseteq V$, $V' \neq \Phi$ și $L' = V' \times V' \in L$, iar orice vîrf din $V - V'$ are proprietatea că nu admite nici un succesor în V'. Rădăcina unui subarbore domină subarborele respectiv. Ordinul unui vîrf din **a.** reprezintă numărul de arce care pleacă din vîrf, iar ordinul **a.** este ordinul maxim al unuia din vîrfurile sale. Nivelul unui vîrf este 0 pentru rădăcină și $i + 1$ pentru descendenții direcți ai vîrfului de pe nivelul i. Un vîrf la care nu sînt conectați subarbori se numește terminal. **A.** binar este un **a.** ordonat de ordinul 2, la care fiecare vîrf are atașați cel mult doi subarbori. **A.** multistări este un **a.** de ordin superior lui 2. În fig. A.19 este reprezentat **a.** multistări de ordin 3.

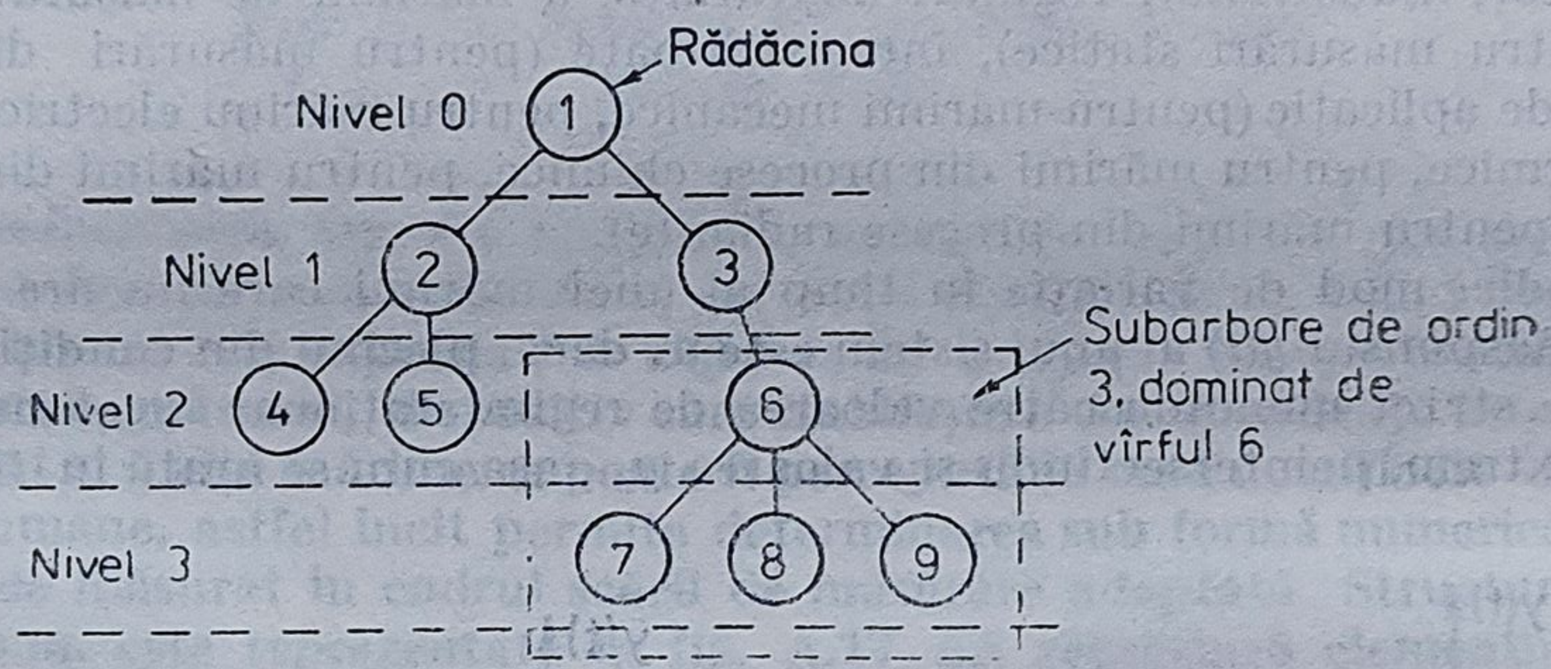


Fig. A.19. Arbore multistări de ordin 3, înălțime 4.

arc (într-un graf), element al mulțimii elementelor de legătură între vîrfurile (nodurile) unui → **graf.** Pentru graful $G = (V, A)$, mulțimea arcelor este mulțimea $U \subseteq V \times V$, dată de $U = \{v_1, v_2 | V_2 \in A(V_1)\}$. În arcul (v_1, v_2), v_1 este extremitatea inițială, iar v_2 este extremitatea finală.

asamblare automată, procedeu tehnic prin care se înlocuiește operatorul uman în operația de asamblare, aceasta efectuîndu-se cu ajutorul unui robot. Utilizarea roboților în asamblare constituie un nivel superior de valorificare a posibilităților acestora, în raport cu simpla manipulare de obiecte sau de executare a unor operații simple, ca sudură și vopsire, solicitînd acele calități antropomorfice specifice unei operații de montaj: simț vizual, simț tactil, mobilitate. Un exemplu de **a.a.** îl constituie inserția unor bolțuri în anumite găuri utilizînd algoritmi bazați pe senzori tactili. Procedura de asamblare se poate divide în 3 stadii: a) de apropiere, la care are loc poziționarea bolțului deasupra găurii; b) de căutare, în care bolțul acționat printr-o articulație elastică, este centrat față de pereții găurii în limitele unui cîmp de toleranțe ce caracterizează forța de reacție pe axa de inserție (z); c) de inserție, prin corectarea poziției prin deplasări în planul $x - y$, cu controlul permanent al menținerii forței de reacție F_z în limitele specificate. În concluzie, informația oferită de sistemul de măsurare trebuie să se refere la forța F_z pe axa de inserție și la deplasările pe axele x, y, după cum se poate constata și din schema de principiu a procedurii de asamblare prezentată în fig. A.20. Fig. A.21, conține reprezentarea bidimensională a operației de inserție cu precizarea principalelor

blocuri care contribuie la asamblare şi legătura cu sistemul de conducere, a cărui unitate centrală de prelucrare preia prin multiplexare datele furnizate de sistemul de măsurare şi, în baza algoritmului stabilit (conţinut în memoria fixă ROM), furnizează prin decodificator comenzile necesare acţionării organelor mobile pe diferite axe.

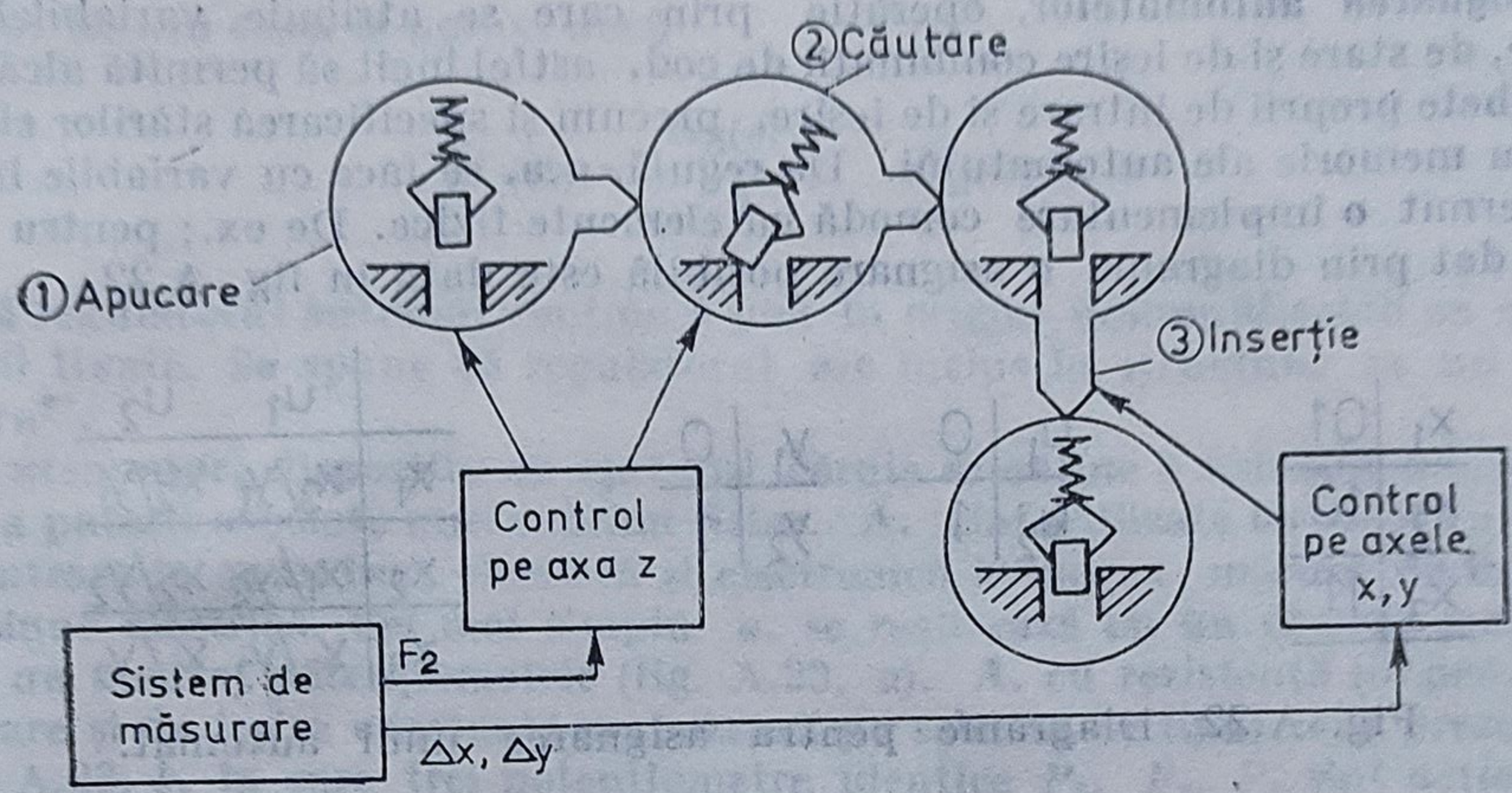


Fig. A.20. Schema de principiu pentru asamblare automată.

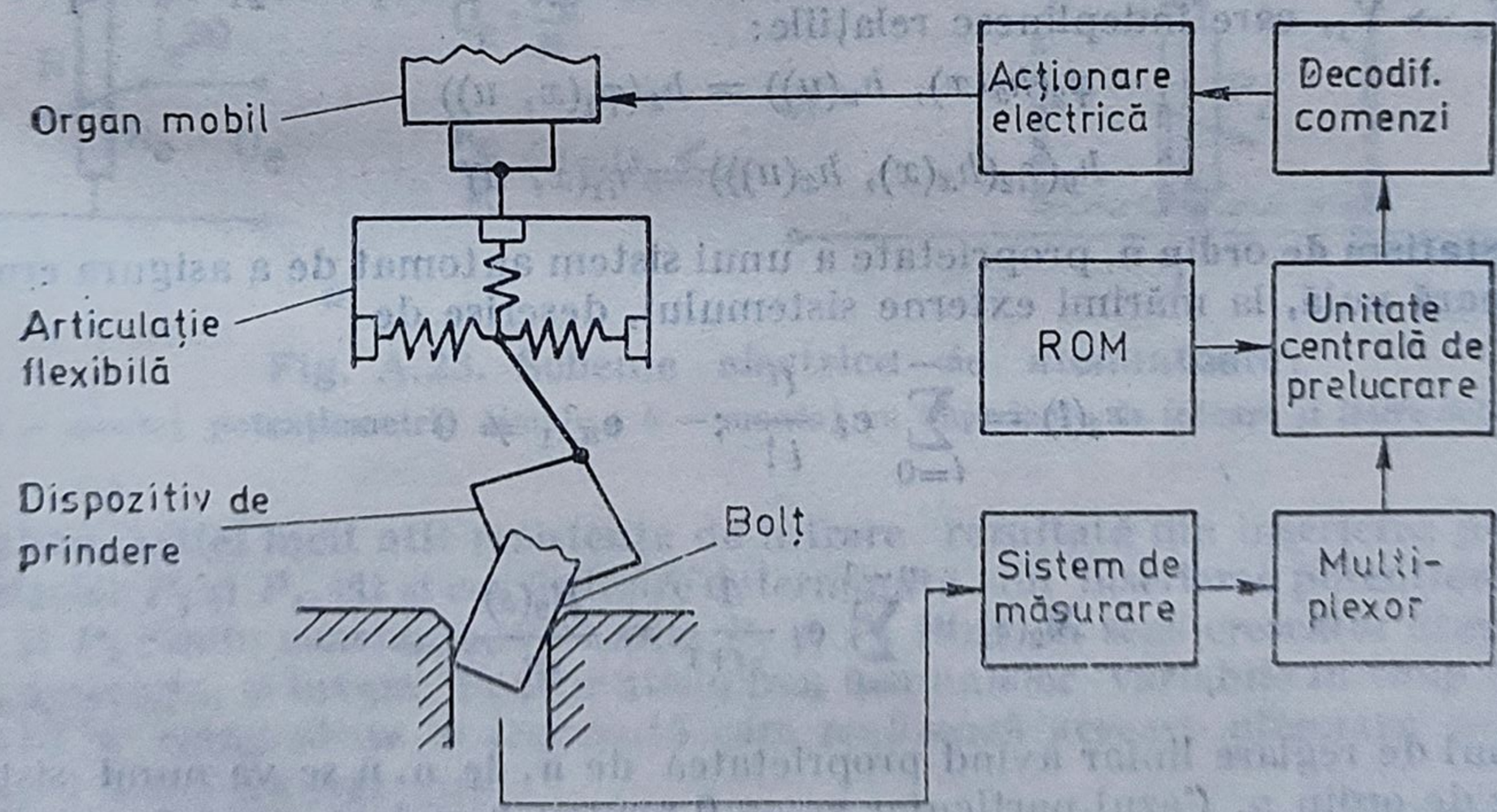


Fig. A.21. Structura echipamentului de asamblare automată.

asamblor, sistem de programe ce translatează un program scris în limbaj de asamblare în cod maşină. Deşi limbajul de asamblare este foarte apropiat ca semantică de codul maşină, o translatare imediată nu este posibilă datorită numelor simbolice atribuite adreselor şi datelor utilizate în program, nume simbolice care înlesnesc în mod însemnat scrierea de programe. De regulă, asamblarea se execută în două treceri: în prima se alcătuieşte tabela de simboluri şi pe baza indicaţiilor date de către programator acestora li se asociază valori absolute; în cea de-a doua trecere se generează codul maşină propriu-zis, editîndu-se în funcţie de necesităţi listarea sau/şi perforarea în format adecvat

a acestuia. În cazul sistemelor de conducere a proceselor, inutilitatea unor anumite tipuri de periferice, precum și cerințele legate de capacitatea memoriei, fac neviabilă economic dotarea acestora cu a. De aceea, elaborarea sistemului de programe destinate sistemului de conducere se face pe un mini- sau microcalculator universal, în care caz a. se numește crosasamblor.

asignarea automatelor, operație prin care se atribuie variabilelor de intrare, de stare și de ieșire combinații de cod, astfel încît să permită alcătuirea de alfabete proprii de intrare și de ieșire, precum și specificarea stărilor elementelor cu memorie ale automatului. De regulă, a.a. se face cu variabile binare, care permit o implementare comodă cu elemente fizice. De ex.; pentru automatul dat prin diagrame o asignare posibilă este dată în fig. A.22.

x_1	01
x_2	10
x_3	11

u_1	0
u_2	1

y_1	0
y_2	1

	u_1	u_2
x_1	x_3/y_1	x_2/y_1
x_2	x_1/y_2	x_2/y_2
x_3	x_3/y_2	x_1/y_2

Fig. A.22. Diagrame pentru asignarea unui automat.

Dacă considerăm automatul inițial $A_1 = (U_1, X_1, Y_1, \varphi_1, \eta_1)$ și automatul obținut prin asignare $A_2 = (U_2, X_2, Y_2, \varphi_2, \eta_2)$, atunci prin asignarea lui A_1 în A_2 înțelegem tripletul de funcții (h_x, h_u, h_y), $h_x: S_1 \to S_2$; $h_u: X_1 \to X_2$; $h_y: Y_2 \to Y_1$, care îndeplinesc relațiile:

$$\varphi_2(h_x(x), h_u(u)) = h_x(\varphi_1(x, u))$$

$$h_y(\eta_2(h_x(x), h_x(u))) = \eta_1(x, u)$$

astatism de ordin n, proprietate a unui sistem automat de a asigura eroare staționară nulă, la mărimi externe sistemului, descrise de

$$x_2(t) = \sum_{i=0}^{n-1} e_i \frac{t^i}{i!}; \qquad e_{n-1} \neq 0$$

adică

$$X_2(s) = \sum_{i=0}^{n-1} e_i \frac{1}{s^{i+1}} = \frac{R_2(s)}{s^n}$$

Sistemul de reglare liniar avînd proprietatea de a. de o. n se va numi sistem astatic de ordin n. Cazul particular $\varepsilon_{st} \neq 0$ pentru $n = 1$ se numește astatism de ordin zero (statism), respectiv sistemul este astatic de ordin zero (sistem static) Pentru ca sistemul automat liniar stabil să fie a. de o. n în raport cu mărimea de referință de tipul considerat

$$Y_r(s) = \frac{R_r(s)}{s^n}$$

este necesar și suficient ca funcția de transfer a căii directe să conțină n poli în origine, deci să fie de tipul

$$H(s) = \frac{H_1(s)}{s^n}; \qquad H_1(0) \neq 0$$

Pentru ca proprietatea să se păstreze şi faţă de mărimile de tip perturbaţie, ce acţionează asupra părţii fixate, trebuie ca cei n poli din origine să se afle situaţi între comparatorul sistemului şi punctul de aplicare a perturbaţiei. Cazul cel mai defavorabil fiind al perturbaţiei aplicate pe mărimea de comandă, înseamnă că, pentru toate mărimile externe de tipul prezentat, sistemul automat este **a. de o.n** dacă şi numai dacă

$$H_R(s) = \frac{G_R(s)}{s^n}, \qquad G_R(0) \neq 0$$

adică regulatorul automat conţine n poli în origine nesimplificabili cu zerourile părţii fixate. Se spune că regulatorul are inclus în structura sa un „model intern".

atenuator, dispozitiv cu ajutorul căruia se obţine o reducere a intensităţii sau a puterii asociate unei mărimi fizice. **A.** sînt utilizate frecvent ca element de intrare în aparatura electrică şi electronică avînd ca mărime de intrare o tensiune electrică. Cel mai simplu **a.** se realizează cu un divizor rezistiv, de ex., un montaj potenţiometric (fig. A.23, *a*). **A.** cu rezistenţă (impedanţă) de intrare şi de ieşire constantă se bazează pe scheme de tipul celei prezentate în fig. A.23, *b*, în care trei potenţiometre identice P_1, P_2, P_3 sînt acţionate si-

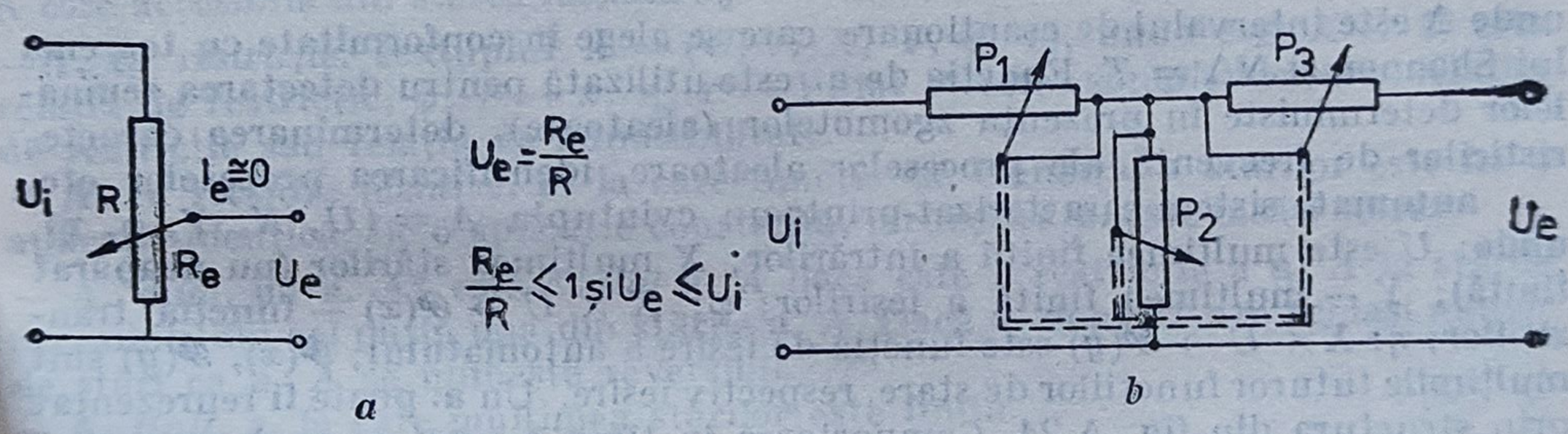


Fig. A.23. Scheme electrice de atenuatoare:
a — montaj potenţiometric simplu; *b* — montaj cu impedanţe de intrare şi ieşire constante.

multan, astfel încît atît rezistenţa de intrare rezultată din înserierea potenţiometrelor P_1 şi P_2, cît şi cea de ieşire determinată din înserierea potenţiometrelor P_2 şi P_3 rămîn constante, variaţiile P_1 şi P_3 fiind în sens crescător atunci cînd P_2 descreşte, şi invers. Pentru atenuarea semnalelor variabile în timp se utilizează o compensare în frecvenţă care realizează aceeaşi atenuare pentru o bandă largă de frecvenţe.

autocorelaţie, operaţie prin intermediul căreia se poate exprima dependenţa între valorile unui proces aleator $x(t)$, la două momente distincte de timp t_1 şi t_2. Funcţia de **a.** se exprimă sub forma

$$R_{xx}(t_1, t_2) = M[x(t_1)x(t_2)]$$

unde M reprezintă operatorul de mediere pe ansamblul realizărilor procesului aleator. Dacă $p(x_1, t_1, x_2, t_2)$ este funcţia de densitate de repartiţie de probabilitate de ordinul II a procesului aleator $x(t)$ atunci

$$R_{xx}(t_1, t_2) = \int_{-\infty}^{+\infty}\int_{-\infty}^{+\infty} x_1 x_2 p(x_1, t_1, x_2, t_2)\, \mathrm{d}x_1\, \mathrm{d}x_2$$

Pentru procese aleatoare staţionare (în sens larg) funcţia de a. depinde numai de diferenţa argumentelor t_1 şi t_2

$$R_{xx}(t_1, t_2) = R_{xx}(\tau)$$

unde $\tau = t_2 - t_1$.

În cazul proceselor aleatoare ergodice, funcţia de a. poate fi obţinută pe baza unei singure realizări a procesului aleator

$$R_{xx}(\tau) = \lim_{T \to \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^{+T} x(t)\, x(t+\tau)\, dt$$

Determinarea practică a funcţiei de a. se efectuează pe durata finită T, suficient de lungă pentru a asigura condiţia de staţionaritate a procesului aleator $x(t)$. De asemenea, se procedează la discretizarea integralei, astfel încît relaţia efectivă de calcul este

$$R_{xx}(k\Delta) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} x(i\Delta)\, x(i\Delta + k\Delta)$$

unde Δ este intervalul de eşantionare care se alege în conformitate cu teorema lui Shannon şi $N\Delta = T$. Funcţia de a. este utilizată pentru detectarea semnalelor deterministe în prezenţa zgomotelor (aleatoare), determinarea caracteristicilor de frecvenţă ale proceselor aleatoare, identificarea proceselor etc.

automat, sistem caracterizat printr-un cvintuplu $A = (U, X, Y, \varphi, \eta)$, unde: U este mulţimea finită a intrărilor; X mulţimea stărilor (nu neapărat finită); Y — mulţimea finită a ieşirilor; φ: $X \times U \to \mathscr{P}(x)$ — funcţia tranziţiilor; η: $X \times U \to \mathscr{P}(y)$ este funcţia de ieşire a automatului; $\mathscr{P}(x)$, $\mathscr{P}(y)$ sînt mulţimile tuturor funcţiilor de stare, respectiv ieşire. Un a. poate fi reprezentat prin structura din fig. A.24. Comportarea în timp a unui a. se descrie ca o

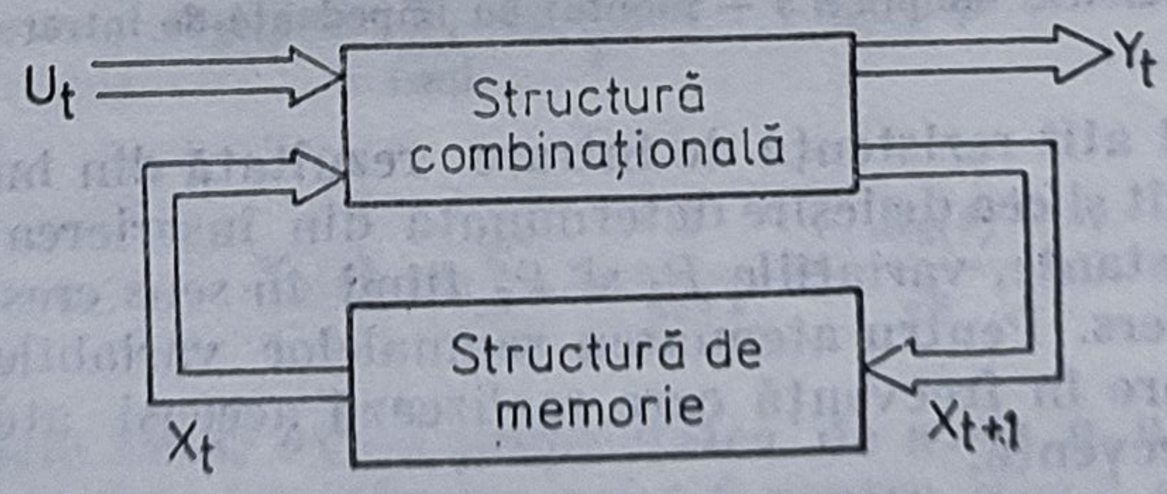


Fig. A.24. Structura unui automat.

succesiune de evenimente ce apar la momente discrete de timp, şi de aceea variabila timp cu evoluţie continuu crescătoare se transformă într-o variabilă discretă, care creşte în valoare cu 1 la fiecare schimbare a stării automatului, definită prin:

$$x_{t+1} = \varphi(u_t, x_t), \quad t \in Z$$

După felul în care se exprimă funcţia de ieşire, se definesc două modele de a. şi anume: a. de tip Mealy, pentru care

$$y_{t+1} = \eta(u_t, x_t)$$

și a. de tip Moore la care

$$y_t = \eta(x_t)$$

Dacă pentru orice $x \in X$, $u \in U$, Card $\varphi(x, u) = 1$, a. este X-determinist, iar dacă Card $\eta(x, u) = 1$, a. este Y — determinist. Un a. X-determinist și Y-determinist se numește a. determinist. Deoarece evoluția unui a. se face la valori discrete ale timpului (secvențe), se mai utilizează pentru a-l denumi noțiunea de schemă secvențială, mașină secvențială sau numai mașină. Se definesc următoarele tipuri particulare de a.:

— A. *aditiv*, a. echivalent cu un a. finit la care clasele de stări echivalente sînt în număr finit (→**stări echivalente ale automatului**).

— A. *autonom*, a. pentru care alfabetul de intrare conține un singur simbol, comportarea sa fiind independentă de intrare. Se mai numește orologiu sau ceas.

— A. *cît* al a. A față de relația de congruență $\mathcal{C}$, a.

$A/\mathcal{C} = [U, X/\mathcal{C}, Y, \varphi_c, \eta_c]$ unde $X/\mathcal{C}$ este mulțimea claselor de echivalență prin relația $\mathcal{C}$, notată cu $[x]$, $\varphi_c([x], u) = \{[x'] | x' = \varphi(x, u)\}$, iar $\eta_c([x], u) = \{y | y = \eta(x, u)\}$.

— A. *conex* de o stare x_0, a. A cu proprietatea $A(x_0) = A$, adică orice stare a lui A este accesibilă din starea inițială x_0.

— A. *cu restricție*, sextuplul $A = (U, r, X, Y, \varphi, \eta)$, unde $r \subseteq X \times U$ este relația de restricție, φ: $r^c \to x$, η: $r^c \to Y$, iar r^c este complementara relației de restricție sau relația de admisibilitate.

— A. *cu revenire identică*, a. la care funcția de tranziție a stărilor este fie o aplicație identică, fie o aplicație constantă, iar ieșirea a. este însăși starea.

— A. *dual*, un a. A^* este *dualul* a. A dacă este o restricție a a. A la stările accesibile din cel puțin una din stările a. A. Dacă a. dual A^* are același număr de stări ca a. A se numește reversibil.

— A. *finit*, a. la care mulțimea stărilor este finită.

— A. *infinit*, a. la care mulțimea stărilor este infinită. Deși o mașină secvențială avînd mulțimea stărilor sau un alfabet infinite nu există în realitate, o asemenea mașină poate fi considerată o limită către care tind mașinile de calcul moderne, în care cantitatea de elemente constituente să nu fie limitată.

— A. *inițial*, → **evenimentul punerii în funcțiune a unui automat.**

— A. *Moore imediat*, a. Moore la care $y_t = \eta(x_{t+1})$, spre deosebire de a. Moore (cu întîrziere) la care $y_t = (x_t)$.

— A. *neinițial*, → **evenimentul punerii în funcțiune a unui automat.**

— A. *redus*, a. care nu are stări distincte echivalente, adică fiecare aplicație ieșire-intrare corespunde cel mult unei singure stări inițiale.

— A. *slab inițial*, → **evenimentul punerii în funcțiune a unui automat.**

— A. *Starke*, cvadruplul (U, X, Y, k) la care U, X, Y sînt definite ca la a. de tip Mealy, iar k: $X * U \to \mathfrak{P}(Y \times X)$.

— A. *tare conex*, a. la care orice stare din X este accesibilă din oricare altă stare a lui X. Un a. tare conex este reversibil.

— A. *tare redus*, a. determinist redus.

— A. *unidimensional al lui Neumann*, model de a. determinist finit alcătuit dintr-un lanț de celule numerotate nemărginit la dreapta, prin celule asigurîndu-se comunicația cu mediul pe un canal de intrare la care se aplică simbolurile din alfabetul de intrare și un canal de ieșire care generează simboluri din alfabetul de ieșire (fig. A. 25).

Două a. A, A' sînt asociate dacă A simulează A' și A' simulează A(→ **simularea automatelor**). Două a. A, A' sînt echivalente dacă fiecărei stări x a lui A îi corespunde o stare echivalentă x' a lui A' și reciproc (→**stări echivalente ale automatelor**).

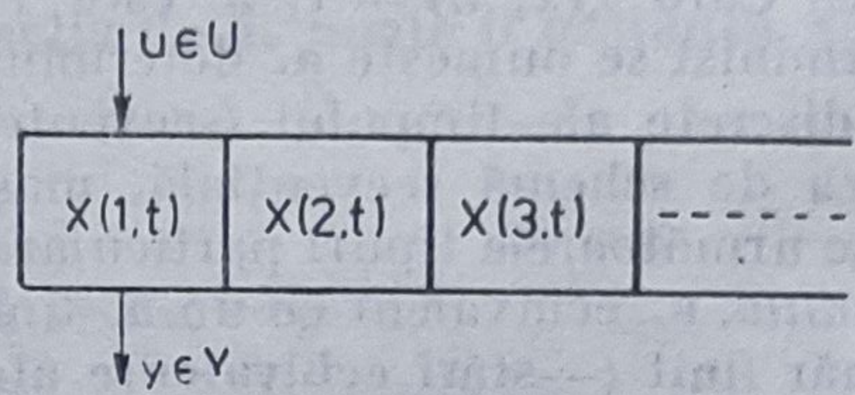


Fig. A.25. Modelul automatului Neumann.

automat pentru vînzare cu monezi, dispozitiv de automatizare discretă, de tip automat secvențial, ce realizează vînzarea automată a produselor preambalate. Funcțiile automatului sînt: recunoașterea tipurilor de monezi introduse, contorizarea monezilor, eliberarea produsului la totalizarea sumei necesare, înapoierea restului cînd monezile introduse depășesc suma necesară și înapoierea monezilor la cerere, înainte ca suma necesară să fi fost completată.

automat programabil, automat finit multivariabil la care seturile U, X, Y de intrări acceptate, stări interne și ieșiri emise sînt legate între ele prin funcțiile de tranziție a stărilor φ și a ieșirilor η, conform relațiilor de discretizare în timp:

$$x_{k+1} = \varphi(x_k, u_k)$$

$$y_k = \eta(x_k, u_k)$$

Aceste dependențe sînt implementate în logică programată cu ajutorul unor memorii fixe de tip ROM. Funcțiile de bază ale unui **a.p.** sînt cele ale unui procesor numeric: achiziție a unui număr de intrări numerice (de un bit) din proces; prelucrarea acestor semnale conform unor funcții logice de tip combinațional și/sau secvențial; validarea ieșirilor către proces, direct sau temporizat, în mod continuu sau sub formă de tren de impulsuri. Spre deosebire de mini- și microcalculatoarele utilizate în conducerea proceselor industriale, **a.p.** au dezvoltate secțiunile de achiziție de informație (din proces) și de emisie de comenzi (către proces), pentru un număr de canale I/E de pînă la 1024/1024, secțiunea de prelucrare aritmetică fiind redusă. Intrările și ieșirile **a.p.** sînt de tip tot sau nimic. Exemple de intrări acceptate: stări ale contactelor releelor de curent continuu și de curent alternativ, stări ale comenzilor operatorului, date prin taste cu revenire și cu blocare, comutatoare basculante, stări ale unor traductoare cu caracteristică discretă, limitatoare de cursă, presostate, semnale de la traductoare numerice de tip incremental, ș.a. Exemple de ieșiri comandate de **a.p.**: semnale de anclanșare/declanșare ale unor relee, contactoare, semnale de reversare de sens și frînare pentru rotația motoarelor, semnale sub formă de tren de impulsuri pentru comanda elementelor de execuție pas cu pas, ș.a. Principalele domenii de aplicabilitate pentru **a.p.** sînt sisteme de comandă convențională a mașinilor unelte, sisteme de comandă a manipulatoarelor și roboților pentru linii de asamblare, sisteme de conducere automată a centralelor termice, sisteme de control al traficului, interfețe în sisteme de calcul (de ex., calculator — periferice). După modelul de organizare hardware, există două clase de **a.p.**: **a.p.** *algoritmice* și **a.p.** *cu prelucrare de bit*. În prezent există tendința cuplării **a.p.** cu prelucrare de bit cu configurații de tip microcalculator specilizat, cu prelucrarea de cuvînt (4 sau 8 biți).

automat programabil algoritmic, automat programabil bazat pe implementarea cu ajutorul memoriilor ROM a mașinilor algoritmice de stare (*ASM*), și care este dedicat exclusiv construcției programate a schemelor și dispozitivelor cu funcționare secvențială. Organizarea hardware a unui **a.p.a.** de clasă *n* este dată în fig. A.26. În această reprezentare, generarea noii stări $x_{k+1} = \varphi(x_k, u_k)$ se realizează astfel: dependența $\varphi(., u_k)$ se obține prin înscrie-

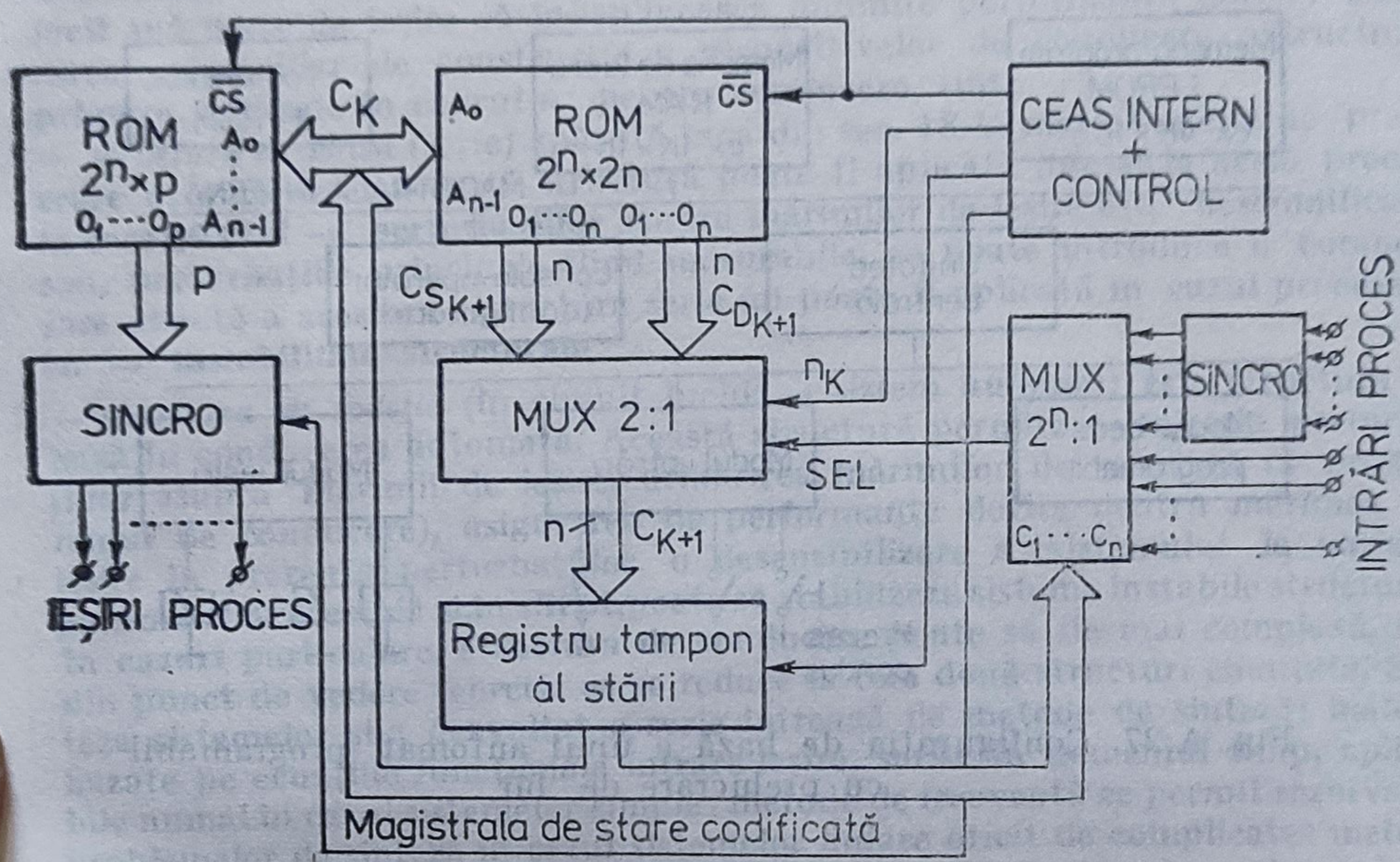


Fig. A.26. Organizarea hardware a unui automat programabil algoritmic de clasă *n*.

rea în memoria ROM, la locația cu adresa dată de codul C_k, asociat stării curent x_k^s, a codurilor $C_{S_{k+1}}$, $C_{D_{k+1}}$ asociate celor (maximum) două stări viitoare posibile: $X_{S_{k+1}}$, $X_{D_{k+1}}$, dependența $\varphi(x_k, .)$ se obține prin multiplexarea codurilor $C_{S_{k+1}}$, $C_{D_{k+1}}$ cu intrarea acceptată, u_k. Generarea sincronă, prin funcția η, a celor *p* componente ale vectorului de ieșire y_k se obține prin adresarea, pe aceeași magistrală de stare codificată C_k, a unei memorii ROM de ieșire. **A.p.a.** sînt utilizate ca secvențiatoare rapide, ca interfețe de comunicație între calculatoare și periferice, pentru generarea rapidă a unor funcții aritmetice speciale (sin, cos, lg, sin integral etc.).

automat programabil cu prelucrare de bit, automat programabil al cărui dispozitiv central de prelucrare a informației este organizat după principiul clasic al unei unități centrale de tip microcalculator, și la care magistrala de date are lungimea de 1 bit. O astfel de structură conține următoarele blocuri de bază (fig. A.27):

a) dispozitivul central de prelucrare a informației, compus din: unitate centrală, memorie program și de date, modul de temporizare și interfețele *I* (multiplexare)/*E*(demultiplexare); b) blocul cu module *I*/*E*, care asigură cuplarea cu procesul, separarea galvanică a canalelor *I*/*E*, rejectarea parazitilor determinați de surse electrice și mecanice, cît și amplificarea semnalelor de ieșire; c) consola aparatului, prin care acesta configurează sistemul de conducere și stabilește regimul de funcționare. Generarea noii stări și a vectorului

ieşirilor (prin funcţiile φ şi η) se realizează prin executarea ciclică, de către unitatea centrală a automatului, a instrucţiunilor înscrise în memoria program. Un ciclu instrucţiune al unui **a.p.** cu **p. de b.** conţine fazele de extragere a instrucţiunii (fetch), decodificare şi execuţie a uneia din următoarele clase de operaţii: transfer de tip I/E sau RAM, salt, calcul logic, indexare a cîmpului parametru şi lucru cu ceas de timp real. Unităţile centrale ale automatu-

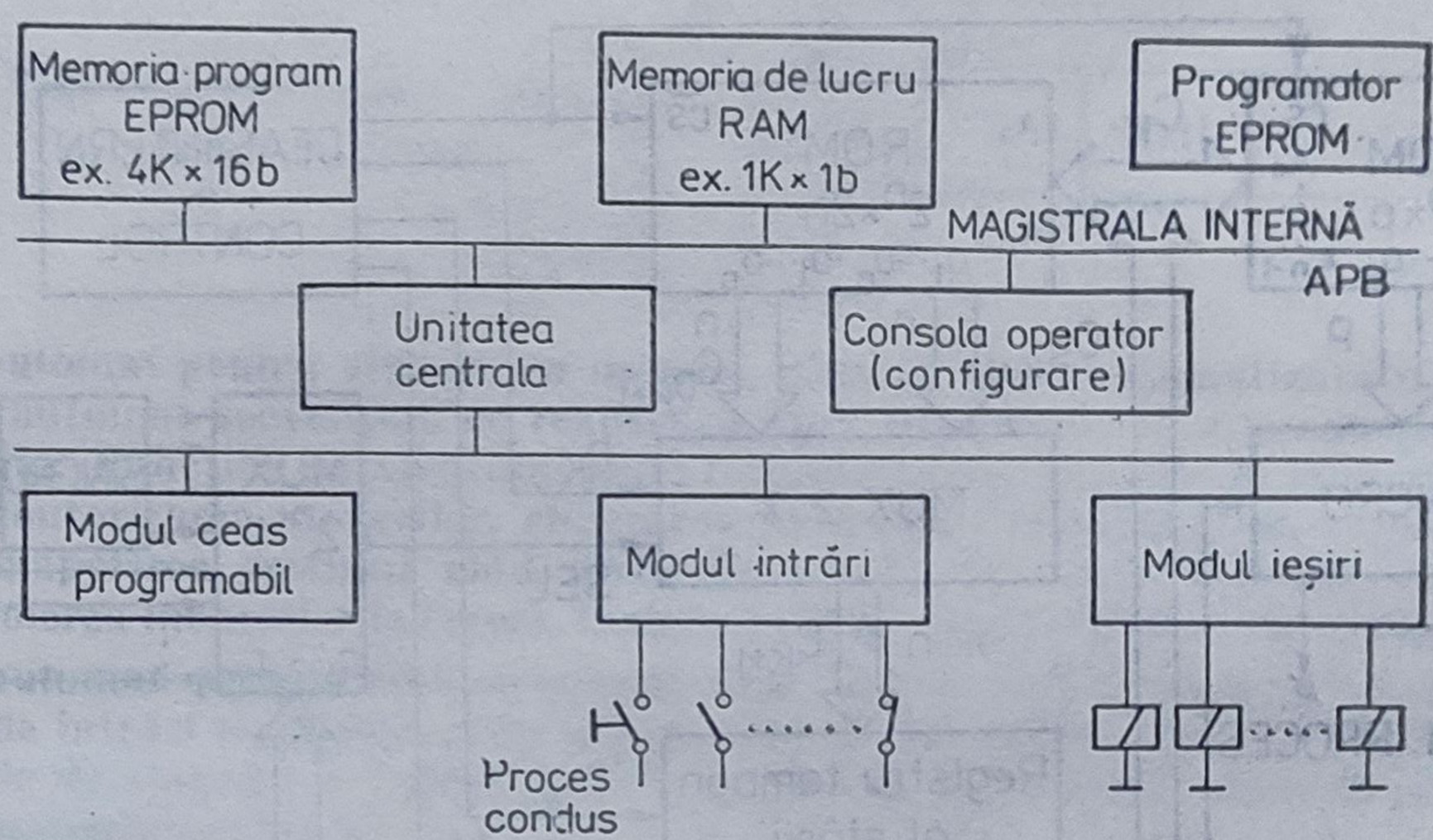


Fig. A.27. Configuraţia de bază a unui automat programabil cu prelucrare de bit.

lui pot fi executate cu componente discrete, integrate pe scară mică şi medie, sau cu componente specializate, integrate pe scară largă (de ex., *MC 14500 B*). Caracteristici tehnice uzuale ale automatului cu unitate centrală construită cu componente discrete: durata ciclului/instrucţiune 0,25—2,5 μs ; capacitatea memoriei program ($EPROM$) $4K \times 16b$; zona RAM de lucru $1K \times 1b$, susţinută prin baterie ; număr intrări/ieşiri 1024/1024 ; temporizări programabile în gama 4 ms—18 h, cu precizie de 4 ms şi 1 s ; interfaţă de achiziţie de intrări de tip TTL-nivel şi tren de impulsuri, comenzi de la tastatură, stări contacte relee de curent continuu şi curent alternativ ; interfaţă de comandă a ieşirilor de tip: releu de curent continuu, de curent alternativ, tranzistoare de putere, tiristoare, triacuri, semnale TTL, afişări zecimale şi hexazecimale, numărare de impulsuri, încărcări şi deplasări de registre, ş.a.

automatică, parte a ştiinţelor tehnice care încadrează teoria şi practica realizării constructive a sistemelor de conducere, destinate eliminării intervenţiei umane în elaborarea deciziilor directe privind funcţionarea proceselor industriale. Pentru studierea proceselor supuse conducerii **a.** operează cu conceptul de → **sistem automat**. În acest sens **a.** cuprinde ca parte esenţială analiza sistemelor automate. Problematica de bază a analizei sistemelor automate (formulată pentru cazul mai restrîns, dar mai frecvent întîlnit în aplicaţiile tehnice) o constituie definirea indicilor sintetici de calitate prin intermediul cărora se pot exprima performanţele referitoare la comportarea acestora în regim dinamic şi în regim staţionar. În cadrul analizei sistemelor automate sînt dezvoltate metode specifice de evaluare a performanţelor de regim dinamic prin utilizarea răspunsului la anumite tipuri de mărimi de intrare, proceduri de apreciere a stabilităţii, precum şi metode de calcul a unor performanţe de regim staţionar care vizează în special erorile. Efectuarea analizei sistemelor

automate necesită reprezentarea sistemică a proceselor, care se obține prin operația de → **identificare.** Concluziile obținute din analiză reprezintă punctul de plecare pentru sinteza sistemelor automate, parte a **a.**, cu următorul conținut de probleme: determinarea de structuri raționale care să încadreze → **partea fixată** a sistemului automat pentru realizarea dezideratelor de conducere; determinarea funcționalității elementelor introduse în aceste structuri, astfel încît mărimea de ieșire să îndeplinească anumite performanțe dorite; elaborarea principiilor de construcție a dispozitivelor de conducere. Structurile primare, utilizate în cadrul **a.**, pentru conducere, sînt:

— *structura deschisă* (serie) apărută încă din sec. 18 la mașini-unelte de prelucrare prin copiere; această structură poate fi aplicată numai la acele procese la care efectul → **perturbațiilor** asupra mărimilor de ieșire este nesemnificativ sau, perturbațiile principale fiind măsurabile, se poate introduce o compensare directă a acestora; structura serie nu poate fi aplicată în cazul proceselor cu → **instabilitate structurală**;

— *structura cu reacție* (în circuit închis → **sistem automat**) este structura de bază în conducerea automată. Această structură permite → **rejecția perturbațiilor** asupra mărimii de ieșire, urmărirea mărimilor de referință (a programului de conducere), asigurarea de performanțe dorite pentru mărimea de ieșire în prezența perturbațiilor, o desensibilizare a sistemului la variația parametrilor acestuia și,în sfîrșit,poate să stabilizeze sisteme instabile structural. În cazuri particulare, structura de conducere poate să fie mai complexă, dar din punct de vedere teoretic ea se reduce la cele două structuri enunțate. Sinteza sistemelor și-a dezvoltat o serie întreagă de metode de sinteză: metode bazate pe ecuațiile funcționale intrare-ieșire, scrise în domeniul timp, aplicabile numai în cazul sistemelor simple; metode de frecvență ce permit rezolvarea problemelor de sinteză în cazul sistemelor liniare oricît de complicate; metode bazate pe conceptul de stare ce permit sinteza analitică a regulatorului pe baza alocării polilor sistemului automat; metode de sinteză exactă pe baza teoriei matricilor polinomiale. O dezvoltare interesantă o reprezintă teoria sistemelor optimale din punct de vedere al unui criteriu de optim (→ **optimizare staționară,** → **optimizare dinamică**), precum și a sistemelor adaptive pentru cazul acelor procese la care, datorită caracterului neliniar al comportării lor, parametrii variază în game largi. Contribuții esențiale la dezvoltarea teoriei sistemelor reprezintă: condițiile necesare și suficiente de → **stabilitate** (asimptotică) a mișcării sistemelor neliniare, formulate de Liapunov, conceptul de → **stabilitate absolută** și → **hiperstabilitate**. Realizarea scopurilor practice ale **a.** este condiționată de participarea a numeroase ramuri tehnice cum ar fi: electronica, microelectronica, dispozitive de calcul numeric și analogic, construcția de → **elemente de execuție** (electrice, hidraulice, pneumatice, electrohidraulice, electropneumatice), precum și de construcția de → **traductoare** pentru o gamă largă de parametri tehnologici. În prezent dezvoltarea puternică pe care a înregistrat-o tehnologia electronică și de microelectronică și care a condus la realizarea pe scară largă a microprocesoarelor, ca elemente esențiale pentru realizarea micro- și minicalculatoarelor cu putere mare de prelucrare a informației și de memorare, gabarit redus, indici mari de fiabilitate, a făcut posibilă utilizarea acestor dispozitive de calcul pentru conducerea directă a proceselor. Ca urmare, aria de aplicare a **a.** s-a lărgit urmărind îmbunătățirea calității conducerii prin creșterea complexității algoritmilor, precum și a structurilor de conducere (→ **conducere după stare,** → **conducere ierarhizată**).

automatizare, aplicarea automaticii la un proces sau clasă de procese specificate. **A.** se impune cu necesitate în contextul dezvoltării rapide a com-

plexității proceselor industriale sub raportul pretențiilor funcționale impuse acestora, pretenții ce vizează cu precădere: creșterea productivității și a calității produselor, economisirea materiilor prime și a energiei, creșterea siguranței în funcționare, exploatarea rațională a utilajelor. În prezent, a. a cuprins majoritatea domeniilor activității productive a omului (industrie, transport, energetică, achiziție și prelucrare de date etc.) contribuind în mod direct la creșterea productivității, a calității producției. O primă fază în aplicarea a. o constituie → **telecomanda**, în cadrul căreia funcția de decizie o deține omul; această decizie se face pe baza datelor ce reflectă funcționarea procesului și care îi sînt puse la dispoziție (eventual după o prelucrare primară) prin intermediul aparaturii de telemăsurare și telesemnalizare, iar execuția deciziei se realizează prin intermediul aparaturii de telecomandă. Următoarea treaptă a a. este reprezentată de conducerea automată, în cadrul căreia se elimină intervenția directă a omului și în elaborarea deciziilor legate de conducere, acestuia rămînîndu-i funcția de supraveghere a funcționării sistemelor automate, eventual, corelarea funcționării mai multor sisteme. Etapa actuală a a. este aceea a a. complexe a producției, în sensul conducerii automate a unui întreg proces de producție, astfel încît să se realizeze o creștere a indicilor tehnico-economici ai acestuia; de asemenea, etapa actuală marchează începutul cibernetizării producției, ce presupune preluarea și a funcției de supraveghere a funcționării de către aparatura complexă de a. (calculator).

automatizarea convertizoarelor, procedeu tehnic de reglare a proceselor de transfer de masă și energie din convertizor, cu scopul obținerii unui conținut prestabilit de carbon în oțel, a unei temperaturi impuse a oțelului și a unui grad de desulfurare și defosforare prestabilit. În convertizor se controlează automat următorii parametri: presiunea, consumul și cantitatea totală de oxigen; poziția gurii de vînt deasupra nivelului băii calmate; presiunea și consumul de apă în apropierea gurii de vînt; temperatura apei la evacuare; conținutul de dioxid de carbon, oxid de carbon și oxigen după răsturnarea convertizorului; temperatura și compoziția oțelului. Sistemul din fig. A.28 asigură controlul automat al decarburării pe parcursul insuflării și utilizării oxigenului pentru oxidarea carbonului, precum și prognozarea conținutului final al carbonului în oțel. Determinarea vitezei de decarburare *8* se face în funcție de concentrația dioxidului de carbon în gazele de evacuare *9* și volumul acestora

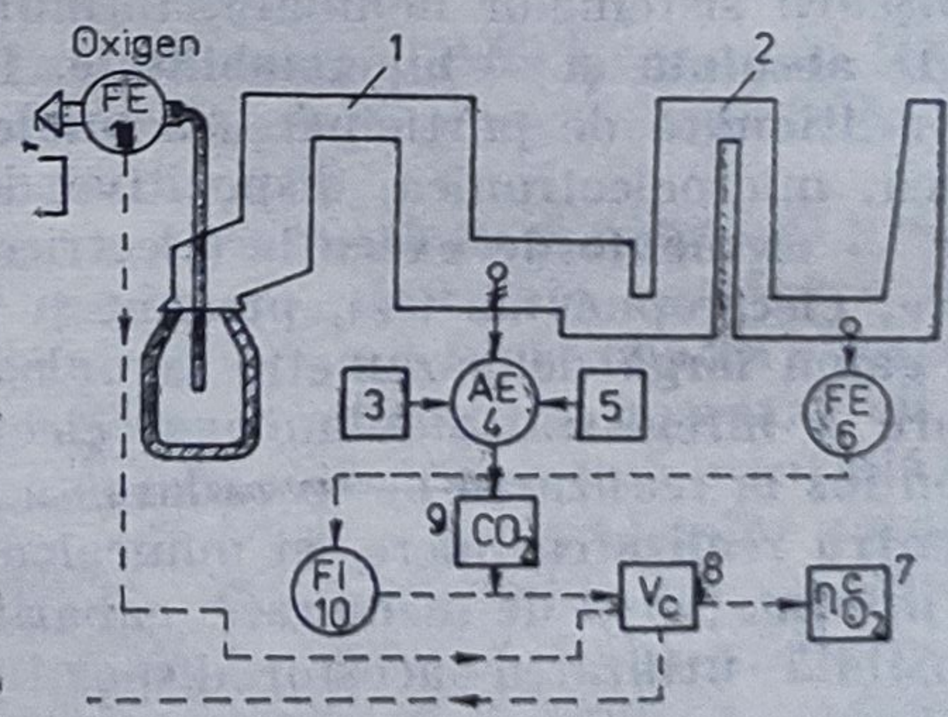


Fig. A. 28. Sistem de control automat al decarburării în convertizor: *1* — cazan utilizator; *2* — instalație de epurare; 3,5 — blocuri de comandă și alimentare a analizorului de gaze; *4* — analizor de gaze; *6* — traductor al volumului de gaze; *7* — sistem de impunere a coeficientului necesarului de O_2; *8* — bloc de control al vitezei de decarburare; *9* — sistem de control al concentrației CO_2 în gazele arse; *10* — element de măsură a volumului gazelor arse; *11* — element de măsură O_2.

10. Consumul de oxigen *11* rezultă din viteza de decarburare *8* și coeficientul necesarului de oxigen *7*. Prognozarea conținutului de carbon în oțel se realizează în funcție de viteza de ardere a carbonului în perioada finală *8*, cînd ea depinde de concentrația de carbon din baie.

automatizarea cuptoarelor electrice cu arc, procedeu tehnic de reglare a regimului electric şi termic în cuptoare la care energia termică necesară pentru elaborarea oţelului este generată de arcurile electrice între 3 electrozi şi metal. În cuptorul electric cu arc sînt controlaţi automat următorii parametri: temperatura zidăriei (cu ajutorul pirometrului de radiaţie sau a termocuplului); temperatura metalului (cu termocuple de scufundare sau de măsurare continuă); presiunea în spaţiul de lucru; componenţa gazelor (CO_2, CO, O_2) în spaţiul de lucru; rarefierea în canalul de evacuare a fumului; consumul şi presiunea oxigenului pentru insuflare; parametrii electrici (tensiune, curenţi, putere activă); poziţia cuptorului, a bolţii şi a gurilor de oxigen. Sarcina principală a automatizării regimului electric este reglarea (stabilizarea) puterii arcurilor electrice prin reglarea curentului fiecărei faze sau a raportului dintre tensiunea u şi curentul i al fiecărei faze. În fig. A. 29 este dată schema de

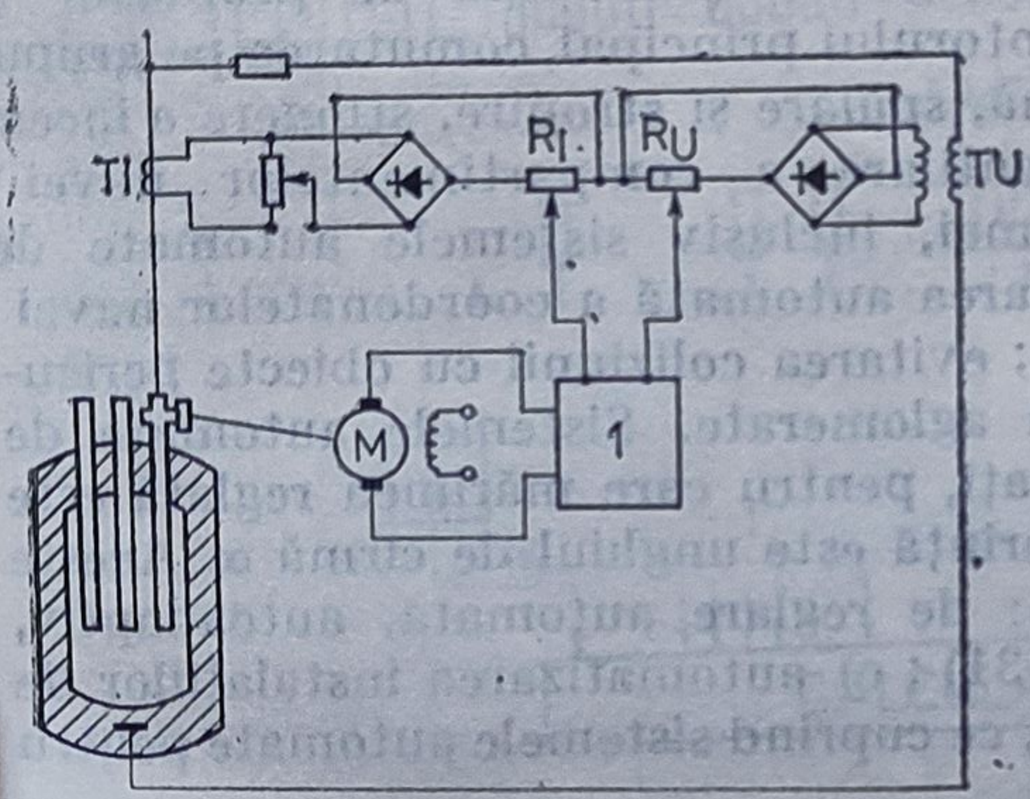


Fig. A.29. Sistem de automatizare a regimului electric al cuptorului:
1 — element de comandă a motorului de antrenare a electrozilor; *TI* — transformator de curent; *TU* — transformator de tensiune; R_I; R_U — potenţiometre de impunere.

reglare pe o fază. Semnalele de la transformatorul de curent *TI* şi de tensiune *TU* pe fază se compun algebric pe rezistenţele R_I şi R_U. Semnalul rezultat este de forma $\alpha u + \beta i$, fiind aplicat elementului 1 de comandă a motorului de antrenare a electrozilor *M*. Variantele de comandă automată a regimului termic sînt: a) reglarea temperaturii zidăriei (fig. A. 30, *a*), măsurată cu termo-

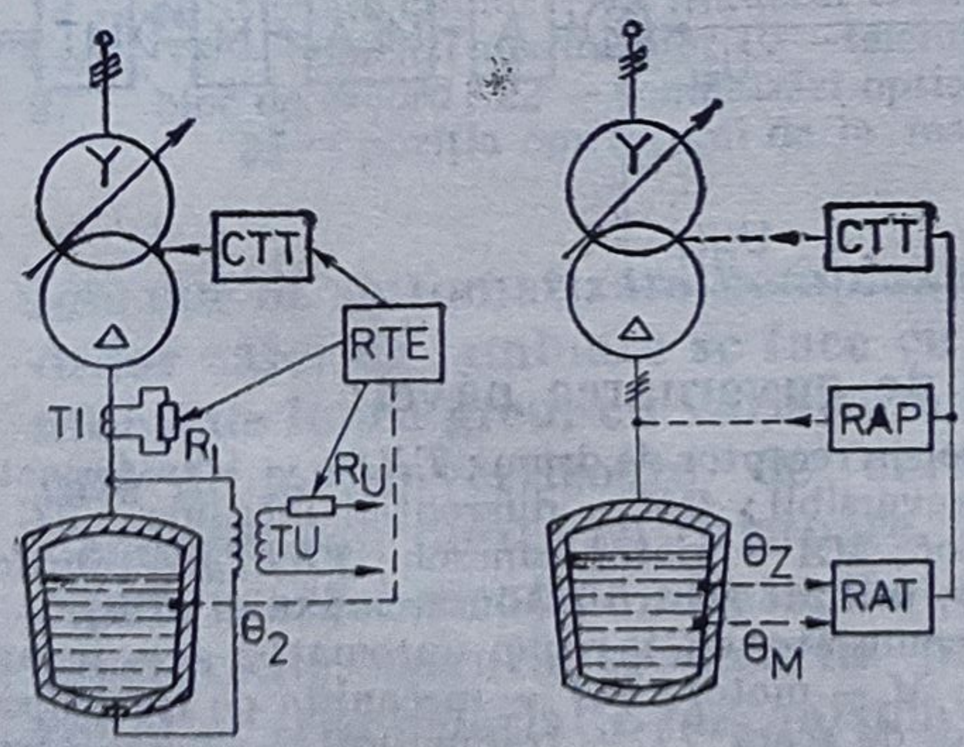


Fig. A.30. Sistem de automatizare a regimului termic al cuptorului electric:
a — schema de reglare a temperaturii zidăriei; *b* — schema de reglare a temperaturii metalului cu limitarea temperaturii zidăriei; *RTE* — sistem regulator termic şi electric; *CTT* — comutatorul treptelor de tensiune; *RAT* — regulatorul automat al regimului termic; *RAP* — regulator automat al puterii; *TI*, *TU* — transformatoare de curent şi tensiune; *RI*, *RU* — potenţiometre de impunere.

cuplu sau cu pirometru cu radiaţie. Dacă temperatura zidăriei devine mai mare decît cea admisibilă, regulatorul comută transformatorul cuptorului cu o treaptă mai jos. Concomitent, se schimbă valoarea impusă regulatoarelor regimului electric; b) reglarea temperaturii metalului (fig. A.30, *b*), cu limi-

tarea temperaturii maxime a zidăriei. Regulatorul automat al regimului termic *RAT* este legat cu traductoarele temperaturii metalului și zidăriei, acționînd asupra comutatorului treptelor tensiunii *CTT* și asupra regulatorului automat al puterii *RAP*. În funcție de temperatura reală măsurată a metalului, în fiecare perioadă a elaborării se schimbă regimul termic. Dacă temperatura zidăriei atinge valoarea limită, regulatorul *RAT* micșorează puterea, în primul rînd pe seama scăderii tensiunii secundare a transformatorului.

automatizarea instalațiilor navale, soluție tehnică ce utilizează sisteme automate și de calcul pentru rezolvarea problemelor de navigație, comandă, înregistrare și diagnosticare, protecție a instalațiilor navale contra avariilor, calcul al deformațiilor, ș. a., în condițiile schimbării frecvente a condițiilor de navigație. Obiectivele de bază ale **a.i.n.** sînt:
a) automatizarea mecanismelor auxiliare ale instalațiilor navale ce cuprind: mecanisme auxiliare ale instalațiilor energetice (instalația de propulsie și instalațiile electroenergetice, lansarea motorului principal, comutarea pe grupul de rezervă) ; instalațiile de balast, santină, spălare și stropire, stingere a incendiului, alimentare cu apă potabilă, ventilare a compartimentelor navei ; b) acționarea electrică reglabilă a cîrmei, inclusiv sistemele automate de guvernare a navei, ce implică: determinarea automată a coordonatelor navei ; guvernarea navei după un program dat ; evitarea coliziunii cu obiecte periculoase ; manevrabilitatea navei în spații aglomerate. Sistemele automate de guvernare a navei folosesc piloți automați, pentru care mărimea reglată este unghiul de drum φ, iar mărimea de referință este unghiul de cîrmă α. Aceste sisteme pot fi construite în variantele: de reglare automată, autoadaptiv, optimal, cu acționare universală (fig. A.31) ; c) automatizarea instalațiilor de ancorare, manevră — legare și remorcare, ce cuprind sistemele automate pentru

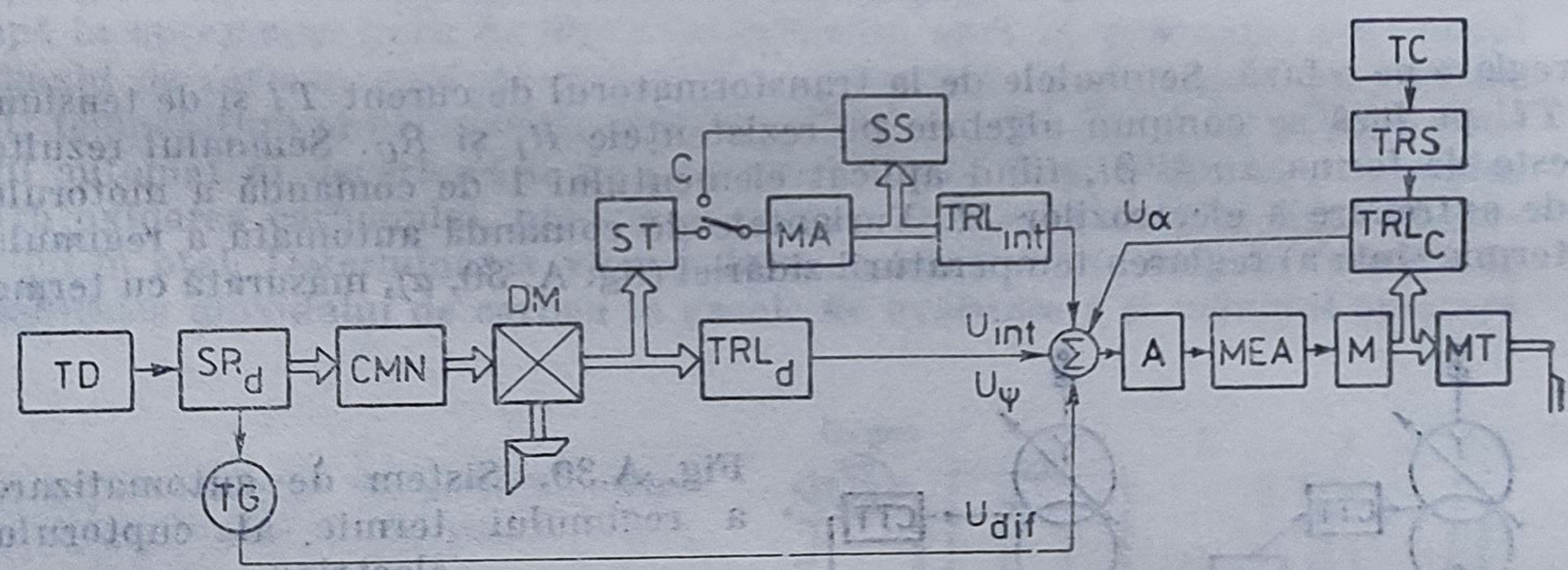


Fig. A.31. Sistem automat de guvernarea navei:
TD — trductor de drum al girocompasului ; *SRd* — selsin receptor de drum ; *TRLd* — transformator rotitor liniar de drum ; *CMN* — cuplaj melcat nereversibil ; *DM* — diferențial mecanic ; *TG* — tahogenerator ; *ST* — selsin în regim de transformator ; *MA* — motor asincron ; *TRLint* — transformator liniar ; *SS* — selsin în regim de transformator, utilizat pentru readucerea axului *TRL* — în poziția inițială, în regim de urmărire (deconectat prin comutatorul *C* în regim automat) ; *A* — preamplificator ; *MEA* — mașină electrică amplificatoare ; *M* — motor ; *MT* — mecanism de transmisie ; *TRLc* — transformator ; *TRS* — transformator rotitor de scară : *TC* — traductorul poziției prescrise a cîrmei.

acționare electrică a vinciului de remorcare, prevăzut cu dispozitiv pentru măsurarea forței de întindere în parîma de remorcare ; d) automatizarea mecanismelor navale de ridicare, a mecanismelor de încărcare — descărcare, a vinciurilor de balanșină, a vinciurilor de scară de bord, a ascensoarelor. Utilizarea calculatoarelor apare cu precădere în cazurile a) și b), atît pentru o auto-

matizare la nivel local a navei, cît și pentru încadrarea într-un sistem de conducere ierarhizat, la nivelul flotei.

automatizarea laminoarelor reversibile (bluming-slebing), procedeu tehnic de conducere automată a procesului de încălzire a lingourilor, a fazei de transport, manipulare și poziționare a lingourilor încălzite, și de reglare a acționării cilindrilor cajei de laminare. Pentru comanda-program și optimizarea procesului de laminare se folosesc calculatoare de proces, ce pot fi integrate în sisteme ierarhizate de conducere a producției. În fig. A. 32 este prezentată

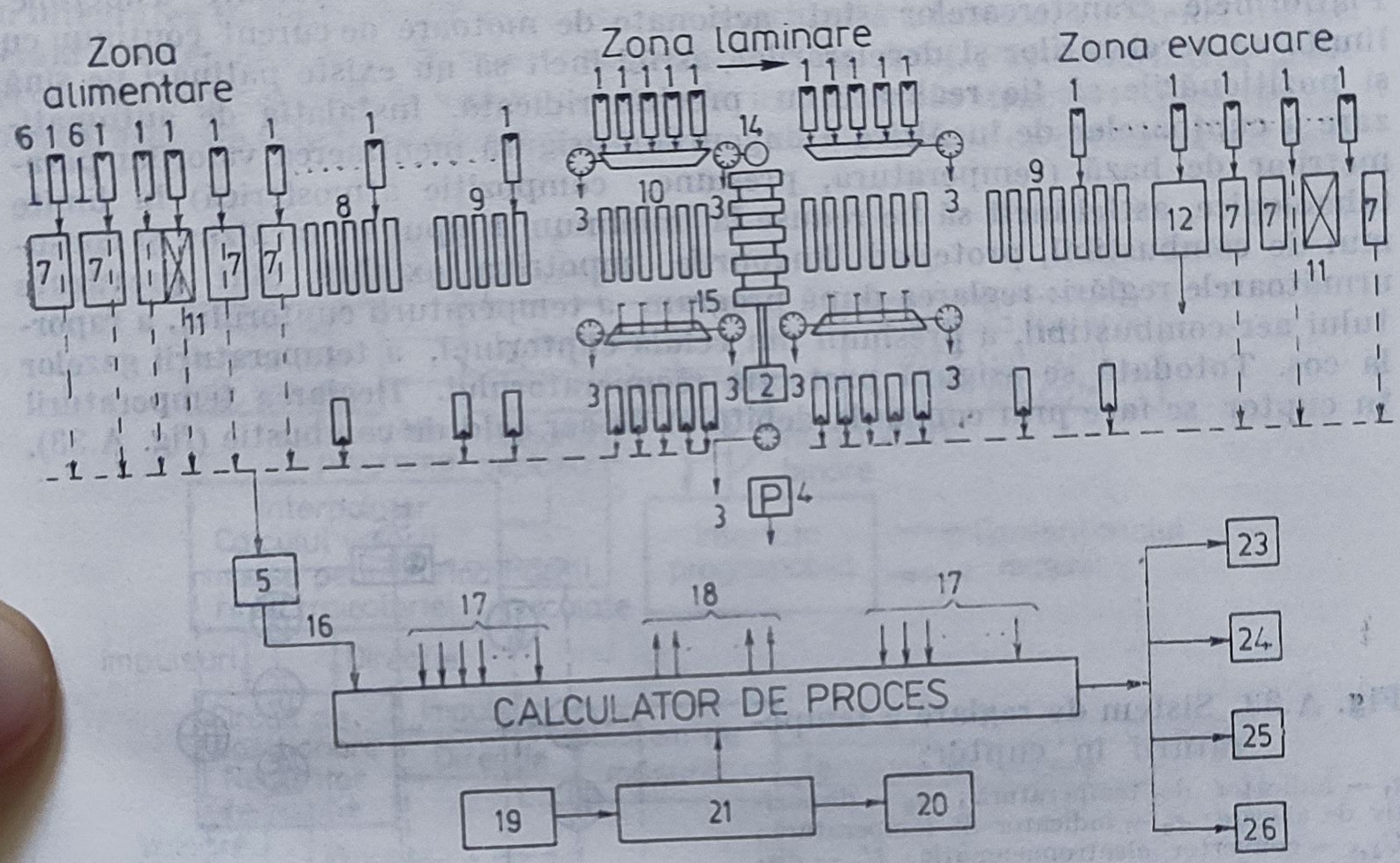


Fig. A.32. Sistem de automatizare complexă a unui laminor:
1 — fotocelule; *2* — acționare principală; *3* — traductoare de poziție; *4* — traductor de presiune; *5* — registru de deplasare; *6* — împingător; *7* — căi cu role; *8* — role de accelerare înaintea cajei; *9* — role de lucru în prelungire; *10* — role de lucru; *11* — cîntare; *12* — foarfece; *13* — liniale; *14* — poziționare cilindri; *15* — răsturnător; 16 — intrare de alarmă de la *5*; *17* — intrări traductoare; *18* — comenzi mecanisme; *19* — teleimprimator cuptoare; *20* — teleimprimator post comandă; *21* — bloc de racord; *22* — semnalizări optice; *23* — poziția cilindrilor; 24 — poziția linialelor; *25* — poziția opritorului de la foarfece; *26* — număr program, număr treceri.

schema de automatizare complexă a unui laminor bluming. Acționarea cilindrilor cajei de laminare se face cu motoare de curent continuu, datorită regimului de lucru greu, cu variații mari de cuplu și viteză. Motoarele sînt alimentate de la convertizoare de curent continuu: grupuri rotative (Ward — Leonard) sau punte cu tiristoare. Instalația de automatizare a acționării principale a cajei menține viteza motoarelor cajei în conformitate cu un program prestabilit, asigură reversările prin metode recuperative, ținînd seama de funcționarea celorlalte mecanisme ce contribuie la realizarea laminării (liniale, role, răsturnătoare cilindri). Totodată, ea asigură protecția instalației împotriva regimurilor de avarie și a suprasarcinilor. Comanda automată a linialelor trebuie să asigure numărul mare de conectări (peste 2000/h) cu deplasare într-un sens sau altul, cît și oprirea precisă în regim de poziționare. Acționarea fiecărui linial se face cu motor de curent continuu alimentat prin punte cu tiristoare. Răsturnătorul este acționat în majoritatea cazurilor cu un motor de curent

continuu cu excitaţie mixtă. Poziţionarea cilindrilor se realizează cu ajutorul a două şuruburi de presiune antrenate cu motoare de curent continuu. Poziţionarea cilindrilor se face cu precizie mare, schema de reglare a turaţiei acestor motoare fiind inclusă în bucla de reglare a poziţiei, ce utilizează de obicei traductoare incrementale. Distanţa între cilindri este indicată pe un cadran cu ajutorul unui mecanism acţionat de un selsin receptor. Acţionările căilor cu role, de ex., a celor care introduc laminatul în cajă, sînt de mai multe tipuri: acţionare individuală sau comună a rolelor, cu motoare de curent continuu, alimentate prin punţi cu tiristoare, sau acţionarea cu motoare asincrone. Platformele transfercarelor sînt acţionate de motoare de curent continuu cu limitarea accelerărilor şi decelerărilor, astfel încît să nu existe patinări pe şină şi poziţionările să fie realizate cu precizie ridicată. Instalaţia de automatizare a cuptoarelor de încălzire a lingourilor asigură menţinerea valorilor parametrilor de bază (temperatură, presiune, compoziţie atmosferică) în limite tehnologice, astfel încît să fie reduse la minimum timpul de încălzire şi consumul de combustibil, protejînd lingourile împotriva oxidării. Sînt prevăzute următoarele reglări: reglarea după program a temperaturii cuptorului, a raportului aer-combustibil, a presiunii din celula cuptorului, a temperaturii gazelor la coş. Totodată se asigură protecţia recuperatorului. Reglarea temperaturii în cuptor se face prin comanda debitului de aer cald de combustie (fig. A.33).

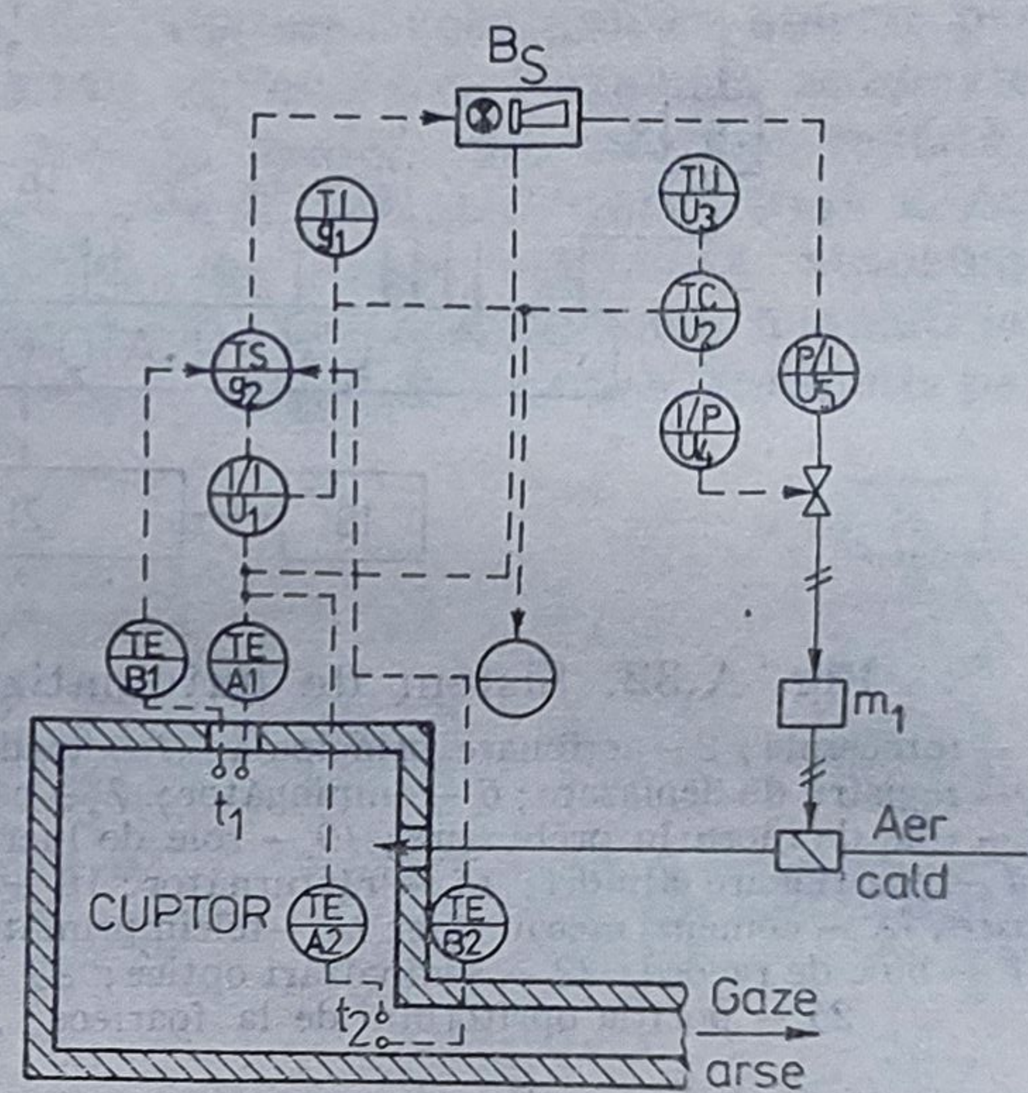


Fig. A.33. Sistem de reglare a temperaturii în cuptor:

g_1 — indicator de temperatură; g_2 — dispozitiv de alegere; g_3 — indicator de temperatură; $U_{4,5}$ — convertor electropneumatic; U_3 — dispozitiv valoare impusă; U_2 — regulator de temperatură; U_1 — traductor; m—servomotor; S_1 — clapetă; B_S — bloc semnalizare; t_1, t_2 — termocuple Pt—Pt—Rd.

automatizarea liniilor de asamblare, soluţie tehnică ce utilizează celule flexibile de tip robot industrial pentru realizarea, într-o succesiune prestabilită, a operaţiilor de montare a reperelor într-un ansamblu mecanic. Asamblarea mecanică a reperelor se realizează la mai multe unităţi (posturi) de lucru, ce constituie o linie de asamblare, fiecare post de lucru este deservit de un robot industrial (→ **asamblare automată**).

automatizarea maşinilor-unelte, soluţie tehnică de supraveghere, comandă şi reglare a prelucrării prin aşchiere pe maşini-unelte, vizînd îndeplinirea următoarelor obiective: realizarea unei traiectorii impuse a punctului de interacţiune sculă-piesă, cu o precizie impusă, pe baza unui program general valabil în raport cu tipurile de sculă şi viteză de deplasare pe contur; reglarea intensităţii procesului de aşchiere, prin controlul încărcării maşinii-unelte şi optimizarea unor indici tehnico-economici de tip: productivitate, preţ de cost

al aşchierii; comanda şi supravegherea desfăşurării diferitelor etape tehnologice ale procesului de uzinare; introducerea programului de fabricaţie şi a corecţiilor de parametri de la un periferic tip cititor de bandă sau unitate de casetă magnetică, respectiv de la o tastatură a consolei operatorului, cu afişarea deplasărilor axelor şi a informaţiilor privind starea curentă a maşinii. Aceste funcţii de automatizare sînt realizate prin echipamente de comandă numerică a maşinilor unelte, cu diferite implementări: cu elemente discrete (→ **comandă numerică**), cu mini- şi microcalculatoare (→ **comandă numerică cu calculator**), sau cu integrarea în configuraţii de conducere ierarhizată a fabricaţiei. Structura generală a sistemelor de **a. m. u.** este prezentată în fig. A.34. Particularizarea acestei configuraţii generale de **a.m.u.** conduce la următoarele structuri tipice de comandă, asociate funcţiilor-obiectiv enunţate: a) echipamente de comandă secven-

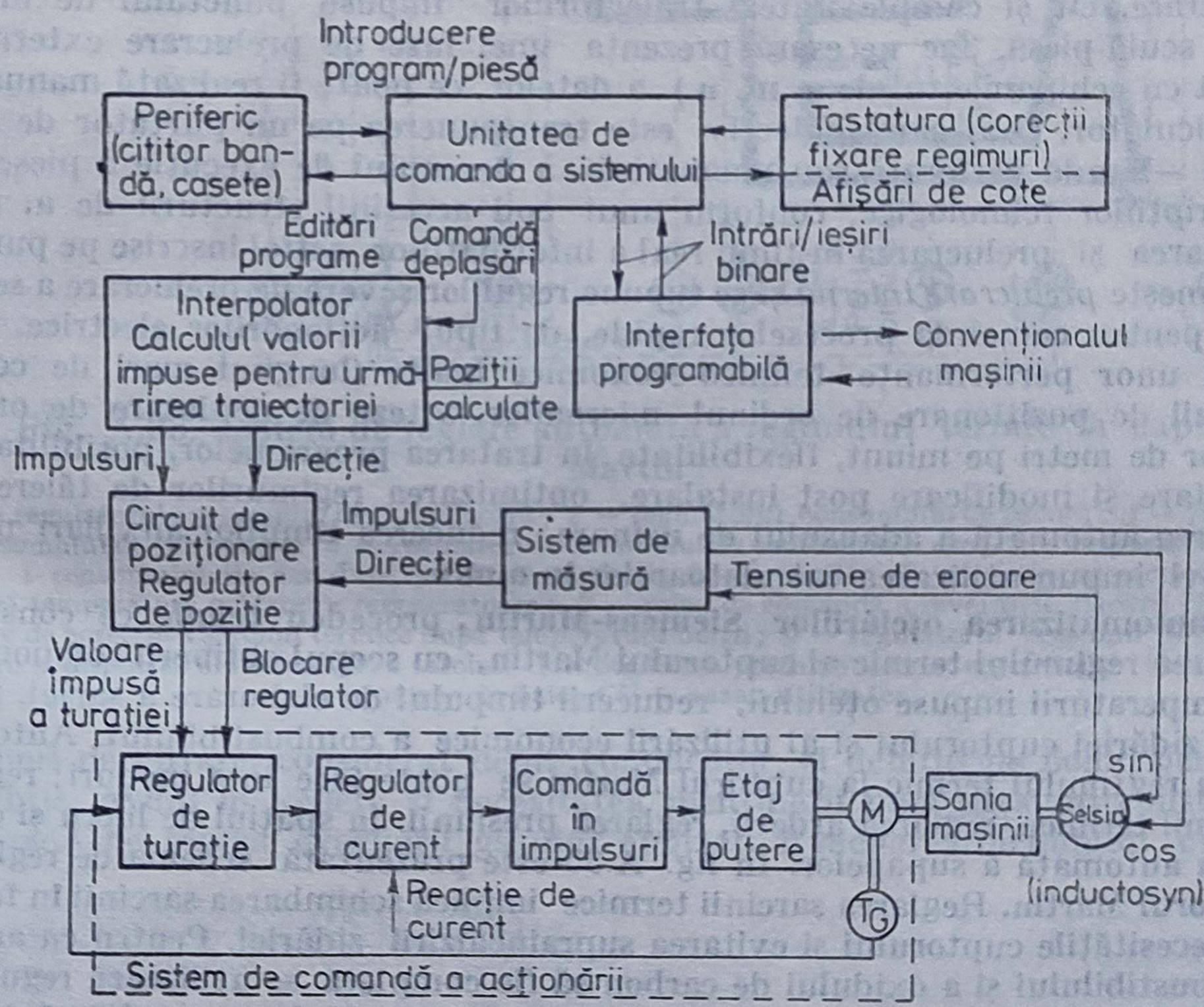


Fig. A.34. Structura generală a sistemelor de automatizare a maşinilor-unelte.

ţială şi supraveghere a etapelor tehnologice, la care comanda are drept scop realizarea unei serii de operaţii ce se succed într-o ordine bine determinată, oricare din operaţii neputînd fi declanşată decît dacă ansamblul operaţiilor anterioare a fost corect executat (de ex., realizarea de cicluri fixe); b) echipamente de introducere de date şi afişare de cote: oferă posibilitatea dialogului om—maşină şi a obiectivizării urmăririi stării maşină — proces condus. Se utilizează acolo unde este esenţială informaţia de deplasare, iar prelucrarea propriu-zisă nu ridică probleme; c) echipamente de poziţionare a organelor mobile: axele maşinii sînt comandate succesiv, iar în timpul deplasării nu se execută prelucrări prin aşchiere. Apare reglarea poziţiei şi a vitezei de deplasare; d) echipamente de

prelucrare pe direcții paralele cu axele: sînt caracterizate prin absența dependenței funcționale a deplasărilor pe diferite axe, dar în timpul deplasării poate avea loc uzinarea. Poate apare reglarea adaptivă a vitezei de deplasare, a turației arborelui principal sau a adîncimii de așchiere; e) echipamente de conturare: axele mașinii se pot deplasa simultan: dependența funcțională între deplasările de-a lungul axelor, obținută prin calcul, permite comanda avansurilor pentru realizarea de traiectorii plane sau în spațiu a punctului de interacțiune sculă -piesă; f) echipamente pentru conducerea centrelor de prelucrare: asigură conducerea a 10—12 axe simultan, împreună cu deserviri de piese și repere, alimentări, descărcări; sînt utilizate configurații de control al deplasărilor, cît și roboți industriali pentru operațiile de deservire, apucare, eliberare, schimbare automată a sculelor, menționate. Volumul mare de informații necesare pentru **a.m.u.**, ordonarea complicată a comenzilor în vederea asigurării secvențelor de prelucrare, cît și complexitatea traiectoriilor impuse punctului de interacțiune sculă-piesă, fac necesară prezența unei faze de prelucrare externă (în raport cu echipamentul de **a. m. u.**) a datelor, ce poate fi realizată manual sau pe calculator, și al cărei obiectiv este transpunerea pe un purtător de informație —bandă perforată sau magnetică—a desenului de execuție a piesei și a prescripțiilor tehnologice, conform unui cod accesibil structurii de **a. m. u.** Preluarea și prelucrarea în timp real a informațiilor astfel înscrise pe purtător se numește *prelucrare internă* și se supune regulilor severe de prelucrare a semnalelor pentru comanda proceselor rapide, de tipul acționărilor electrice. Obținerea unor performanțe tehnico-economice înalte (lungimi mari de contur, precizii de poziționare de ordinul micronilor, viteze de deplasare de ordinul zecilor de metri pe minut, flexibilitate în tratarea programelor, posibilitate de adaptare și modificare post instalare, optimizarea regimurilor de tăiere, împărțirea automată a adausului de uzinare, reducerea timpilor auxiliari neproductivi impun utilizarea calculatoarelor în **a.m.u.**

automatizarea oțelăriilor Siemens-Martin, procedeu tehnic ce constă în reglarea regimului termic al cuptorului Martin, cu scopul obținerii componenței și temperaturii impuse oțelului, reducerii timpului de elaborare a șarjei, protejării zidăriei cuptorului și al utilizării economice a combustibilului. Automatizarea regimului termic la cuptorul Martin se poate face în 4 moduri: reglarea sarcinii termice, reglarea arderii, reglarea presiunii în spațiul de lucru și comutarea automată a supapelor. În fig. A.35 este prezentată schema de reglare la cuptorul Martin. Reglarea sarcinii termice implică schimbarea sarcinii în funcție de necesitățile cuptorului și evitarea supraîncălzirii zidăriei. Pentru ca arderea combustibilului și a oxidului de carbon să fie completă se utilizează regulatoarele cantității de aer și de oxigen. Reglarea arderii cu abatere minimă asigură menținerea aceluiași conținut de oxigen în procesul arderii. Reglarea presiunii în spațiul de lucru se face cu ajutorul șuberului instalat în canalul de fum orizontal, înaintea conductei de fum sau înaintea aparatului de ghidare a pompei de fum a cazanului. Sistemul de comutare automată a supapelor servește la protejarea grătarelor regeneratoarelor împotriva supraîncălzirii și pentru asigurarea regimului lor optim de funcționare. Aceasta se realizează prin scurtarea timpului dintre comutările supapelor pe măsura încălzirii cuptorului.

automatizarea procesului de absorbție, procedeu tehnic care are drept scop reglarea transferului de masă în procesul de combinare a fazei lichide cu faza de vapori. În coloana de absorbție alimentarea cu vapori se face pe la partea inferioară, gazul epuizat fiind evacuat pe la vîrf. În contracurent este introdusă faza lichidă pe la partea superioară, urmînd ca pe la fundul coloanei să se evacueze lichidul cu vaporii absorbiți. Conform schemei de automatizare din fig. A. 36 se urmărește menținerea unui raport constant între debitul de

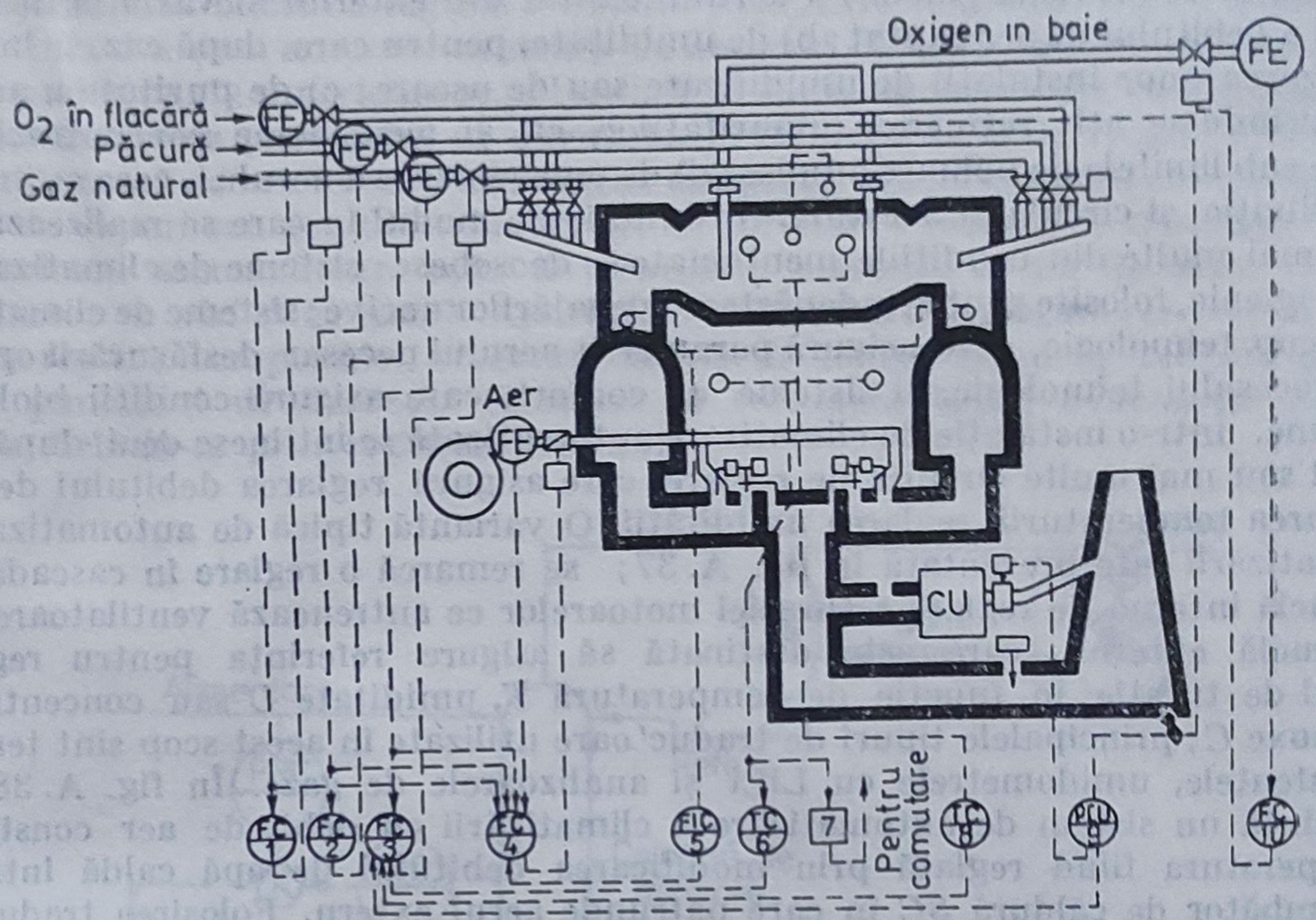


Fig. A.35. Sistem de reglare automată a regimului termic la cuptorul Martin:

1 — regulatorul consumului de O_2 în flacără; *2* — regulatorul consumului de păcură; *3* — regulatorul consumului de gaz natural; *4* — regulatorul consumului de combustibil-aer; *5* — dispozitiv de corecție a consumului de aer după produsele arderii; 6—dispozitiv de corecție a sarcinii termice după temperatura grătarelor regeneratoare; *7* — releu de comandă a reversării flăcării; *8* — dispozitiv de corecție a sarcinii termice după temperatura bolții; *9* — regulatorul presiunii în spațiul de lucru și dispozitivul de corecție a sarcinii termice după presiune; *10* — regulatorul consumului de oxigen în baie; *CU* — cazan utilizator.

vapori de intrare, considerat debit conducător, și debitul de lichid pentru absorbție, avînd în vedere și necesitatea menținerii unei presiuni constante în coloană pe seama evacuării gazului epuizat. Evacuarea lichidului cu gazul

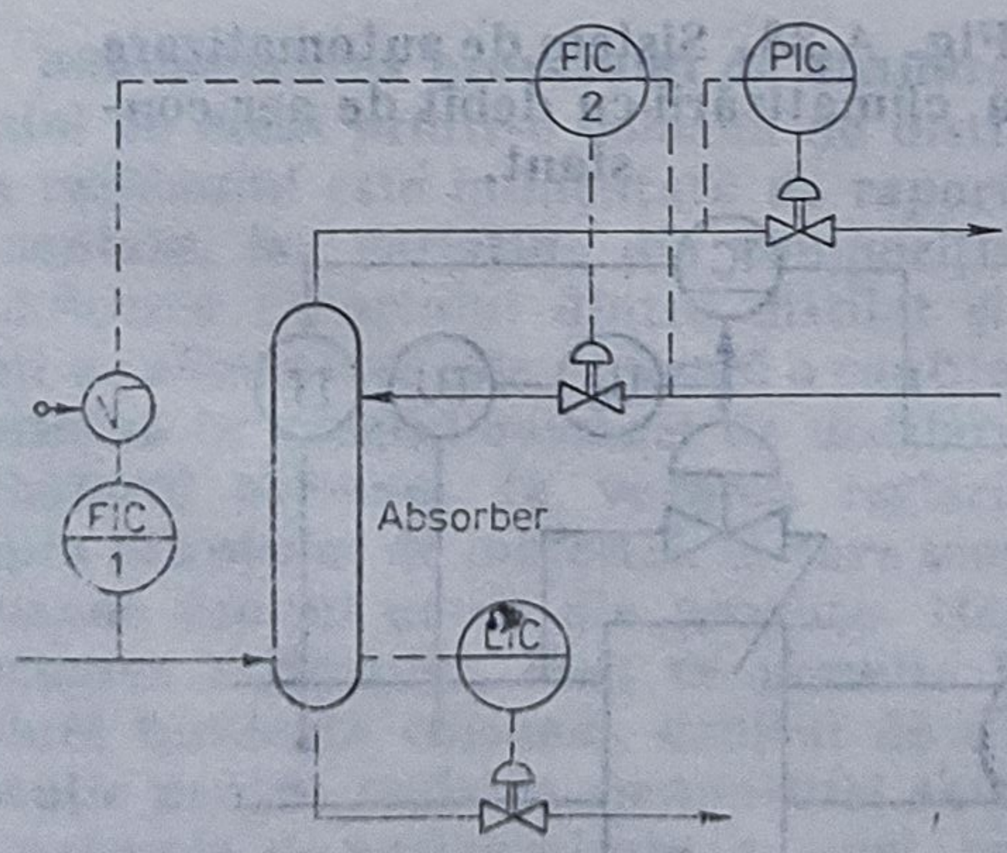


Fig. A.36. Automatizarea procesului de absorbție:

$FIC_{1,2}$ — reglarea raportului debitelor de vapori absorbanți și de lichid pentru absorbție; *PIC*—reglarea presiunii în coloană prin modificarea debitului de gaz epuizat; *LIC* — reglarea nivelului la baza coloanei.

absorbit se face menținîndu-se un nivel constant în baza coloanei, comandînd în funcție de acesta evacuarea.

automatizarea procesului de climatizare, soluție tehnică avînd ca scop menținerea automată a aerului dintr-o incintă la anumite condiții: a) de temperatură, care de regulă se menține constantă, în acest scop fiind necesară o

instalaţie de încălzire (răcire) a aerului captat din exterior şi variaţia în limite largi a debitului de aer captat; b) de umiditate, pentru care, după caz, se impune utilizarea unor instalaţii de umidificare sau de uscare; c) de puritate a aerului asigurîndu-se atît reţinerea impurităţilor, cît şi menţinerea concentraţiei de noxe sub limitele de poluare admise: d) de omogenizare a aerului, ceea ce impune distribuţia şi circulaţia acestuia. În funcţie de modul în care se realizează una sau mai multe din condiţiile menţionate se deosebesc: sisteme de climatizare cu scop igienic, folosite pentru îndepărtarea degajărilor nocive; sisteme de climatizare cu scop tehnologic, care asigură parametrii aerului necesar desfăşurării optime a procesului tehnologic, şi sisteme de confort, care asigură condiţii biologice optime. Într-o instalaţie de climatizare automatizată se întîlnesc deci, după caz, unul sau mai multe circuite de reglare, care asigură reglarea debitului de aer, reglarea temperaturii, reglarea umidităţii. O variantă tipică de automatizare a climatizării este prezentată în fig. A.37; se remarcă o reglare în cascadă, cu o buclă internă de reglare a turaţiei motoarelor ce antrenează ventilatoarele şi o buclă externă, care este destinată să asigure referinţa pentru regulatorul de turaţie în funcţie de temperatură T, umiditate U sau concentraţie de noxe C; principalele tipuri de traductoare utilizate în acest scop sînt termorezistenţele, umidometrele cu LiCl şi analizoarele de gaze. În fig. A.38 se prezintă un sistem de automatizare a climatizării cu debit de aer constant, temperatura fiind reglată prin modificarea debitului de apă caldă într-un schimbător de căldură SC în care pătrunde aerul extern. Folosirea traductorului de temperatură a aerului TT_2 este opţională, ea îmbunătăţind timpul de răspuns. În fig. A.39 este dezvoltată schema prezentată în fig. A.38 prin

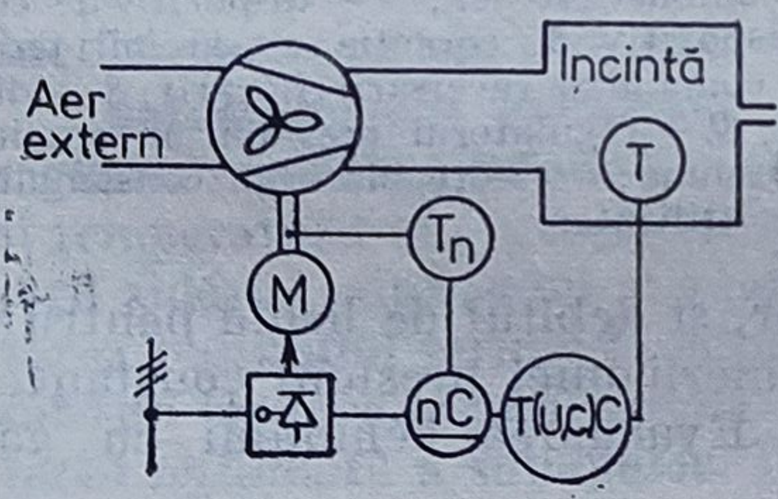


Fig. A.37. Sistem de automatizare a climatizării cu reglare în cascadă.

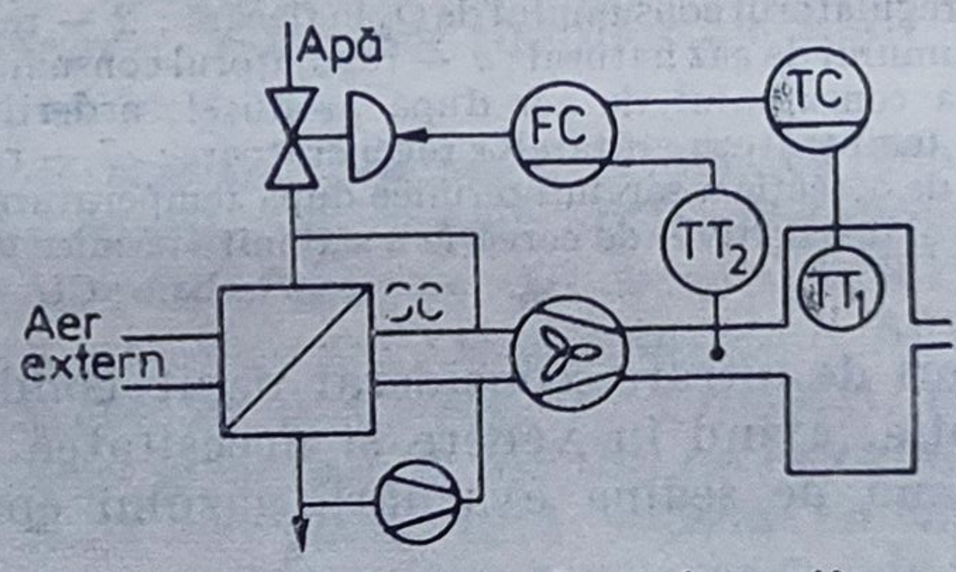


Fig. A.38. Sistem de automatizare a climatizării cu debit de aer constant.

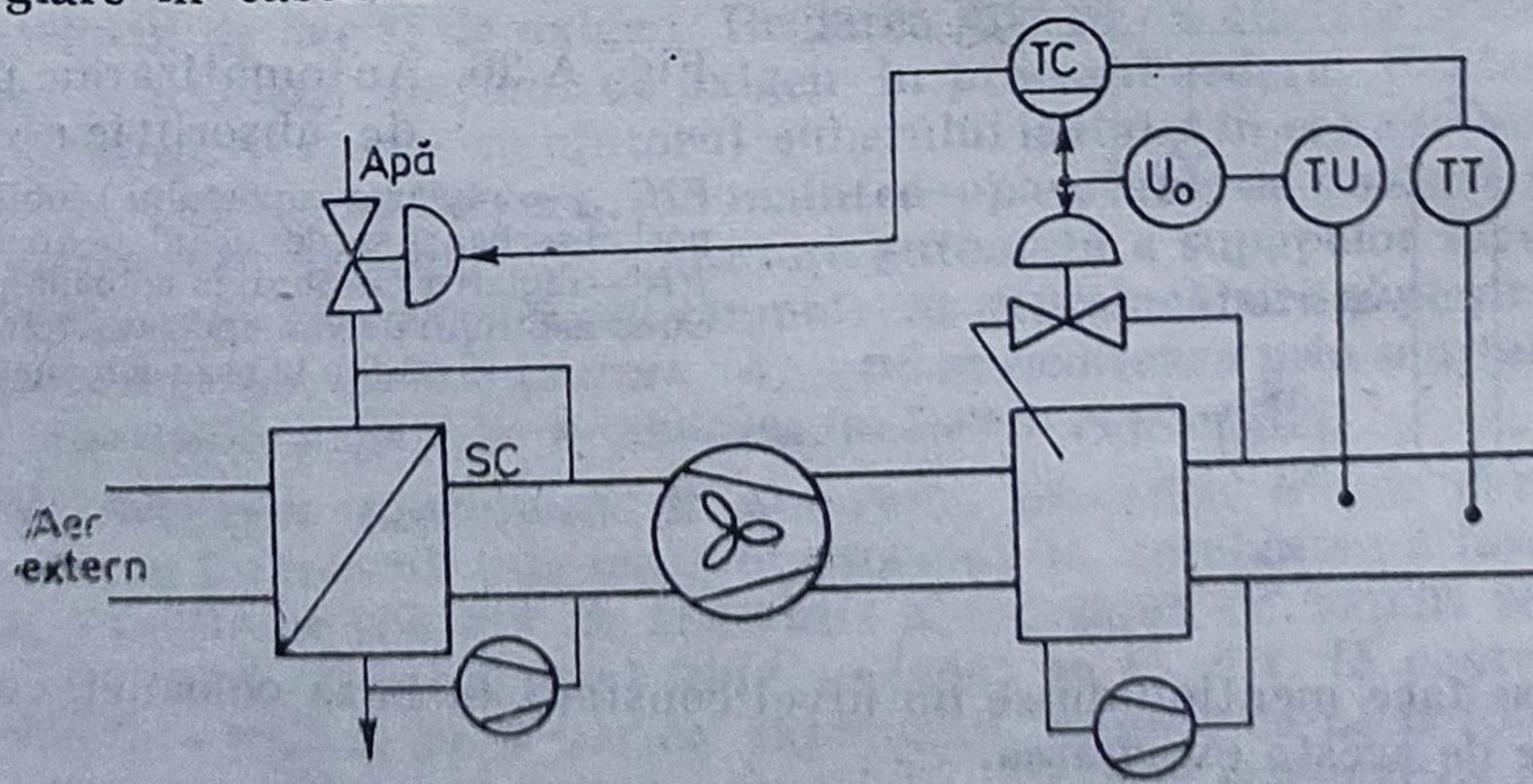


Fig. A.39. Sistem de automatizare a climatizării cu reglarea umidităţii.

introducerea unei bucle de reglare a umidității U, care se modifică prin recirculare în incintă a unei anumite cantități de aer cald. Pentru sisteme de climatizare cu performanțe superioare se pot utiliza variante de conducere cu calculator.

automatizarea procesului de desorbție, procedeu tehnic de reglare a transferului de masă ce are ca scop eliminarea cantității maxime a unei componente în fază de vapori sau gaz dintr-un curent de solvent. Procesul de desorbție are loc în coloane asemănătoare celor de distilare, echipate cu un fierbător și un condensator la vîrf (fig. A.40). Aportul de căldură este menținut constant, în vederea reglării compoziției, corectat funcție de temperatură în vederea prescrierii punctului de fierbere. Refluxul se consideră total, evacuarea fazei gazoase făcîndu-se prin reglarea presiunii.

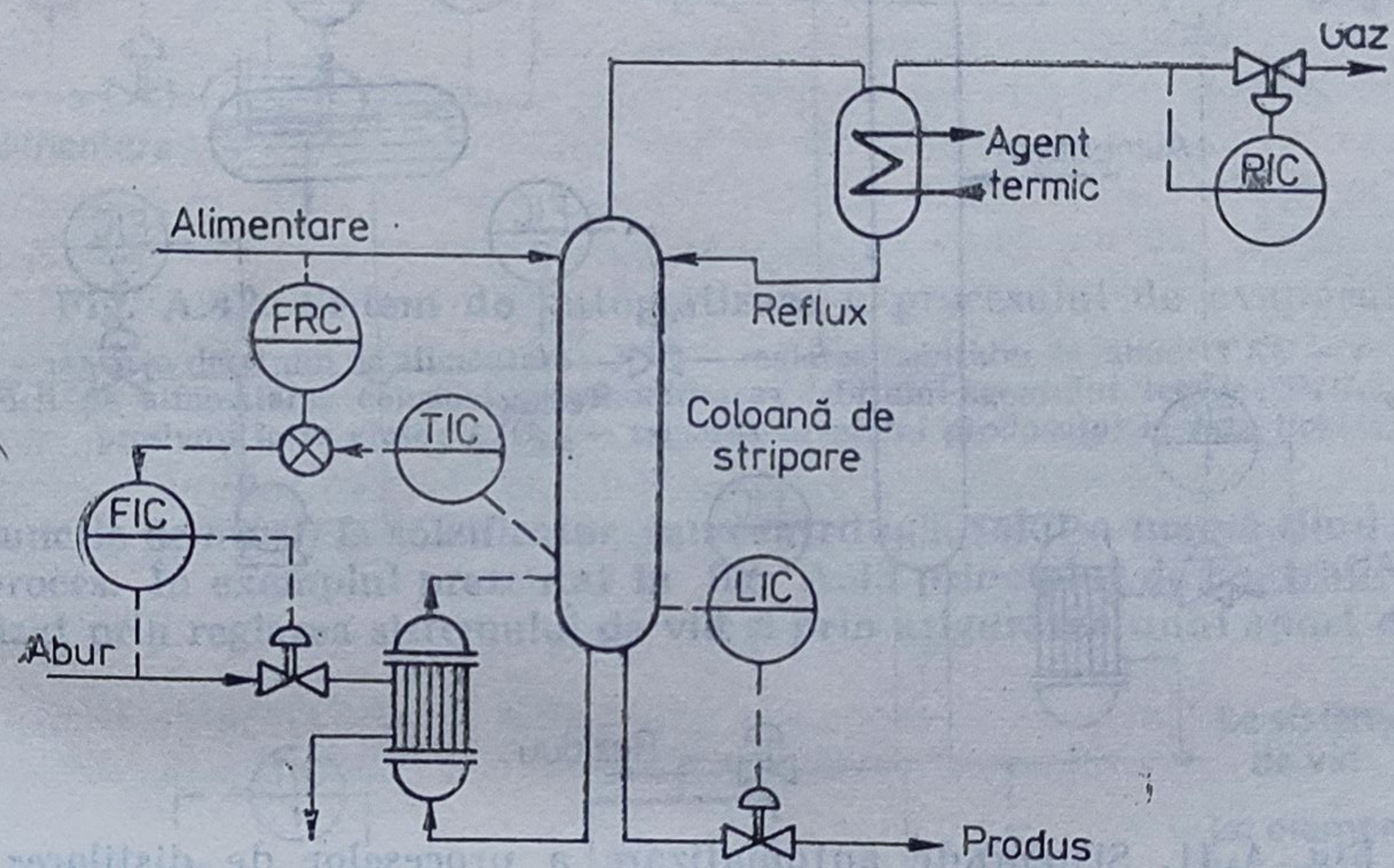


Fig. A.40. Sistem de automatizare a procesului de desorbție:
FRC — reglarea debitului de alimentare; *TIC* — reglarea temperaturii în cascadă cu debitul de la fierbător; *PIC* — reglarea presiunii prin modificarea debitului fazei gazoase; *LIC* — reglarea nivelului în baza coloanei prin modificarea debitului de produs în fază lichidă.

automatizarea procesului de distilare, procedeu tehnic de reglare a transferului de masă printr-o coloană de distilare prin care compoziția distilatului și a reziduului este influențată de raportul dintre debitul de distilat și cel de alimentare, iar variațiile din compoziția materiei prime se pot corecta prin modificarea raportului dintre distilat și materia primă. Față de un anumit debit de alimentare este necesară o cantitate de energie proporțională cu acesta, transmisă în general coloanei de distilare sub formă de cantitate de abur la fierbătorul coloanei. În vederea reglării calității produsului se acționează asupra bilanțului de material, în care scop regulatorul de compoziție trebuie să comande debitul unuia din produse. Regulatorul de nivel din blaz comandă evacuarea reziduului, ceea ce permite fixarea independentă a cantității de căldură furnizată coloanei, debitul de distilat fiind în acest caz mărime de execuție pentru reglarea compoziției sau calității. În fig. A.41 este prezentat un exemplu de automatizare a unei coloane de distilare. În unele cazuri o măsură a presiunii diferențiale între vîrful și baza coloanei dă o indicație asupra debitului de vapori în coloană în funcție de care se poate comanda căldura furnizată coloanei, reducîndu-se timpul de răspuns la variațiile de încărcare a coloanei. În cazul alegerii debitului de reziduu ca mărime de referință pentru reglarea compoziției, nivelul din blaz trebuie reglat prin inter-

mediul debitului de vapori la fierbător. O creştere a presiunii în coloană este datorată creşterii cantităţii de lichid ce fierbe faţă de cantitatea de lichid ce condensează, motiv pentru care presiunea în coloană trebuie să fie reglată fie prin modificarea debitului de agent de răcire la condensatorul de la vîrful coloanei, fie prin modificarea suprafeţei de schimb de căldură sau prin ocolirea

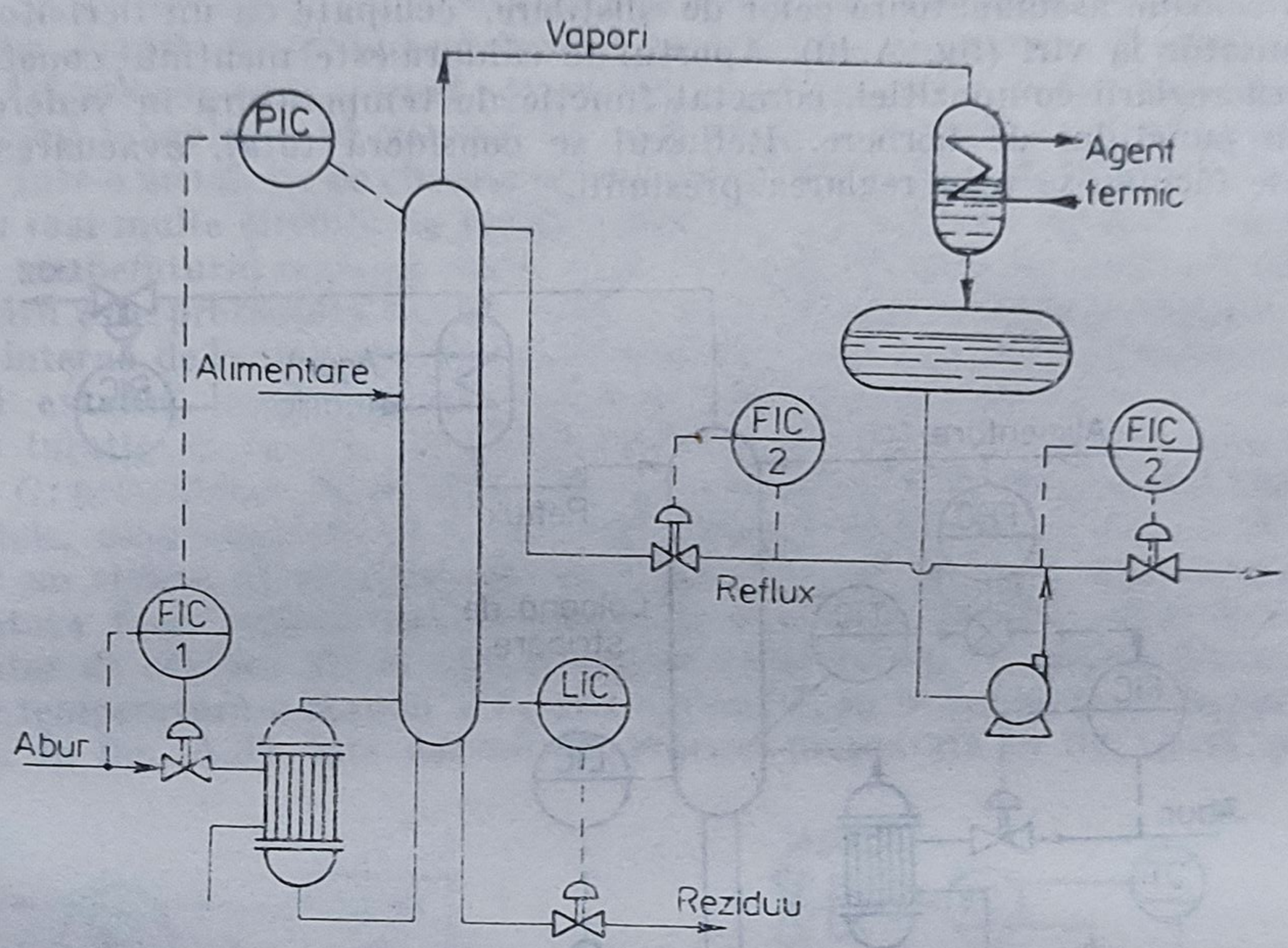


Fig. A.41. Sistem de automatizare a proceselor de distilare:
PIC — reglarea presiunii în coloană în cascadă cu debitul de abur FIC_1 de la refierbător; FIC_2 — reglarea debitului de reflux; FIC_3 — reglarea debitului de produs (distilat); *LIC* — reglarea nivelului produsului din baza coloanei.

condensatorului, fie cînd valoarea presiunii lucrează în cascadă cu circuitul de reglare a debitului de abur la fierbător.

automatizarea procesului de evaporare şi cristalizare, procedeu tehnic de automatizare a transferului de masă la care intervine separarea fazelor lichid — solid. Evaporarea şi cristalizarea pot avea loc separat sau combinat. În urma evaporării se obţine o soluţie concentrată, iar în procesul de cristalizare se formează o suspensie de cristale în soluţie saturată. O evaporare eficientă se realizează de obicei în mai multe etaje, fiecare etaj fiind încălzit cu vaporii etajului precedent, asigurîndu-se reglarea presiunii între etaje. Se menţine o alimentare constantă a primului etaj, între etaje circulaţia fazei lichide făcîndu-se prin reglarea nivelului în vasul etajului precedent (fig. A.42). În cazul cristalizatoarelor se pune problema de a aduce soluţia în condiţii de saturaţie, adică la un echilibru între moleculele dizolvate şi cele nedizolvate, în acest caz temperatura fiind parametrul ce influenţează concentraţia substanţei dizolvate. Depunerea cristalelor este posibilă prin reducerea temperaturii soluţiei şi prin evaporare, cu aport de căldură dublat de realizarea vidului care asigură creşterea concentraţiei soluţiei. Indiferent de modul de realizare a cristalizării se recomandă în practică menţinerea suspensiei de cristale în continuă mişcare pentru evitarea înfundării. Suspensia evacuată din cristalizator este trimisă

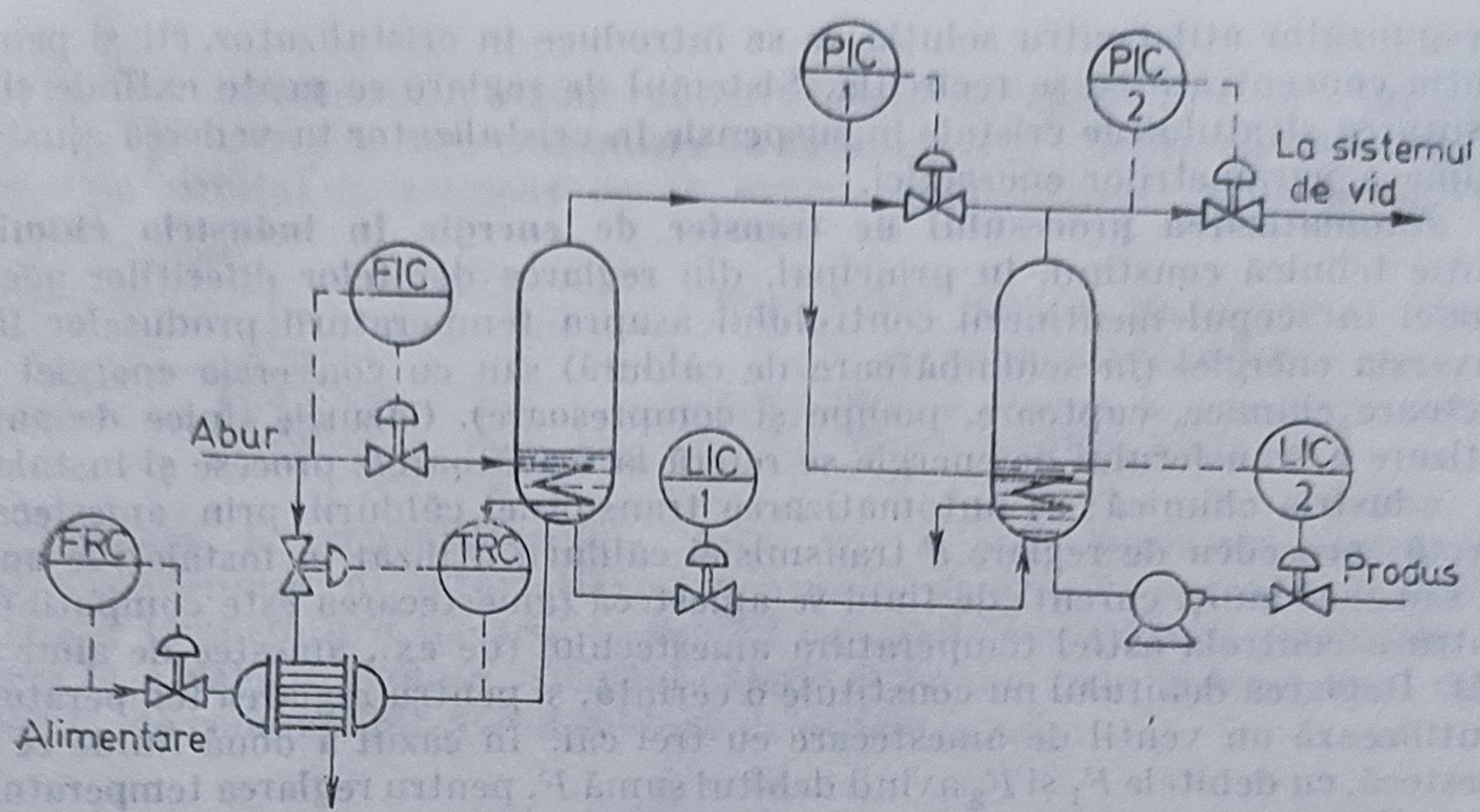


Fig. A.42. Sistem de automatizare a procesului de evaporare:
FRC — reglarea debitului de alimentare; *FIC* — reglarea debitului de abur; *TRC* — reglarea temperaturii pe alimentarea coloanei prin modificarea debitului agentului termic; $PIC_{1,2}$ — reglarea presiunii între etaje; $LIC_{1,2}$ — reglarea nivelului produsului în fază lichidă.

(în funcţie de nivel) la solzificator sau centrifugă, soluţia mamă fiind returnată în proces. În exemplul prezentat în fig. A.43 principiul de control expus este realizat prin reglarea sistemului de vid şi prin asigurarea unui aport de căldură

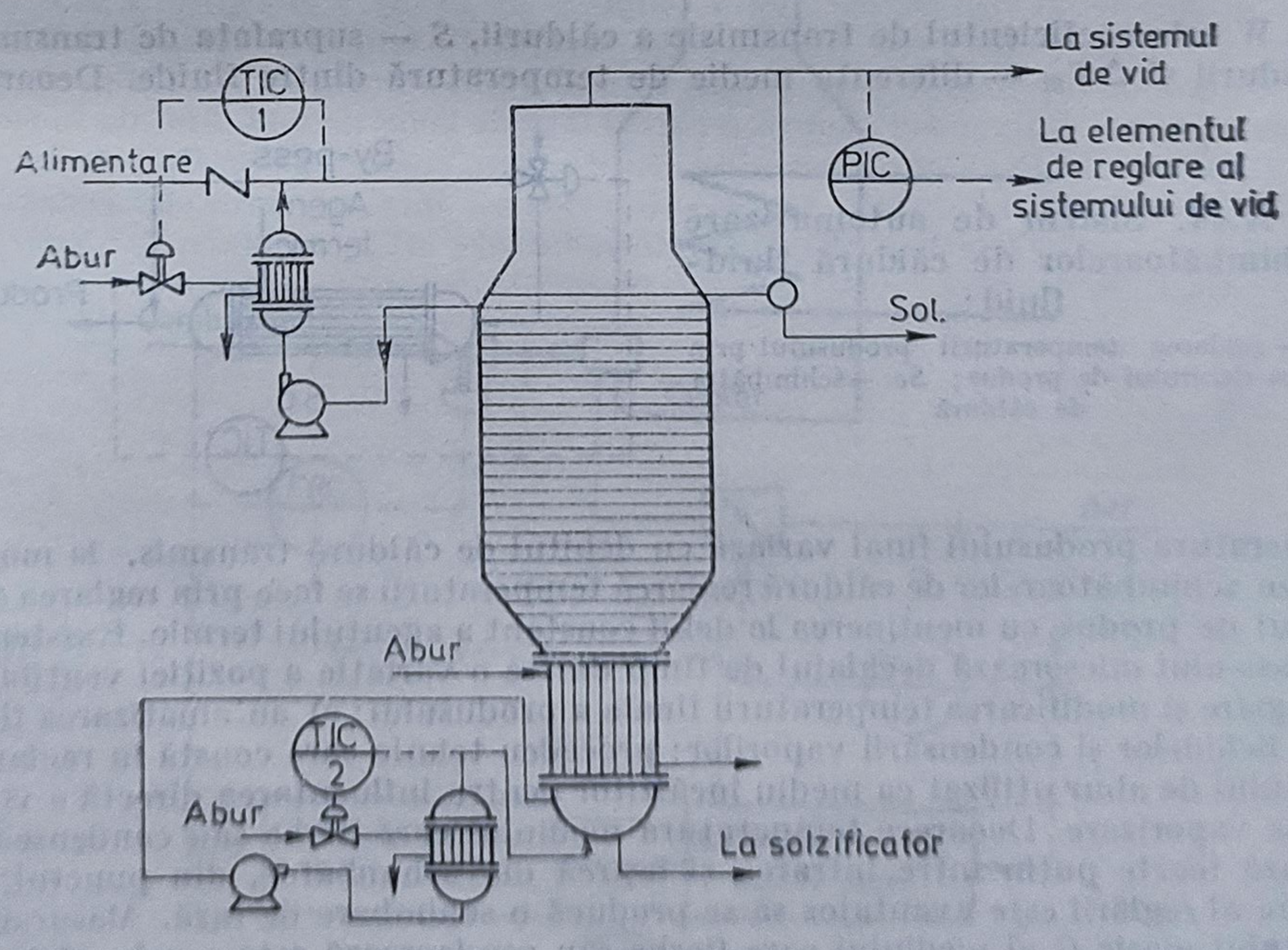


Fig. A.43. Sistem de automatizare a procesului de cristalizare:
TIC_1 — reglarea temperaturii pe alimentarea coloanei prin modificarea debitului de agent termic; TIC_2 — reglarea temperaturii produsului recirculat prin modificarea debitului de agent termic; *PIC* — reglarea presiunii prin modificarea debitului de produs de vîrf.

corespunzător atît pentru soluția ce se introduce în cristalizator, cît și pentru soluția concentrată ce se recirculă. Sistemul de reglare se poate extinde și cu măsurarea stratului de cristale în suspensie în cristalizator în vederea ajustării optime a parametrilor energetici.

automatizarea procesului de transfer de energie în industria chimică, soluție tehnică constînd, în principal, din reglarea debitelor diferiților agenți termici în scopul menținerii controlului asupra temperaturii produselor fără conversia energiei (în schimbătoare de căldură) sau cu conversia energiei (în reactoare chimice, cuptoare, pompe și compresoare). Cazurile tipice de automatizare a transferului de energie se referă la următoarele procese și instalații din industria chimică: a) automatizarea transmisiei căldurii prin amestecare directă: procedeu de reglare a transmisiei căldurii utilizat în instalațiile unde doi sau mai mulți curenți de fluid se amestecă (amestecarea este compatibilă) pentru a controla astfel temperatura amestecului (de ex., amestec de abur cu apă). Reglarea debitului nu constituie o cerință, și pentru reglarea temperaturii se utilizează un ventil de amestecare cu trei căi. În cazul a două fluide ce se amestecă, cu debitele F_1 și F_2 avînd debitul sumă F, pentru reglarea temperaturii finale T se poate acționa asupra debitului F_2, care se poate mări simultan cu micșorarea lui F_1. În unele amestecătoare de acest tip reglarea temperaturii amestecului poate fi completată cu reglarea debitului total sau cu impunerea unor condiții de protecție asupra surselor de presiune; b) automatizarea transmisiei căldurii la schimbătoarele de căldură fluid — fluid: procedeu de reglare a transmisiei căldurii în instalații la care curenții de fluid sînt menținuți izolați între ei prin suprafețe de separare (fig. A.44). Condițiile de contact determină debitul transmisiei căldurii, Q:

$$Q = W \cdot S \cdot \Delta T_m$$

unde W este coeficientul de transmisie a căldurii, S — suprafața de transmisie a căldurii și ΔT_m — diferența medie de temperatură dintre fluide. Deoarece

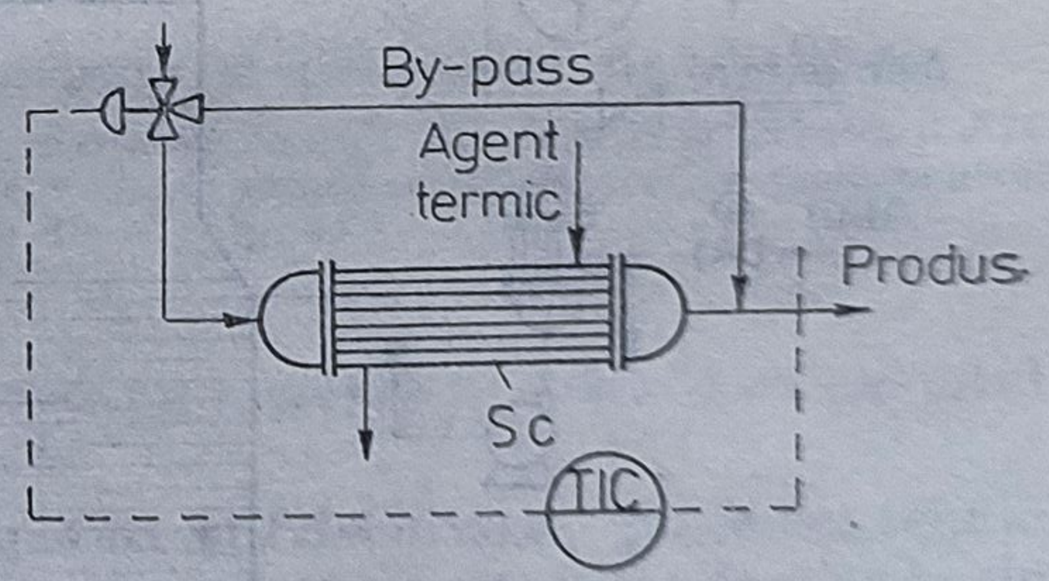


Fig. A.44. Sistem de automatizare a schimbătoarelor de căldură fluid-fluid:

TIC — reglarea temperaturii produsului prin dozarea debitului de produs; *Sc.* — schimbător de căldură

temperatura produsului final variază cu debitul de căldură transmis, la majoritatea schimbătoarelor de căldură reglarea temperaturii se face prin reglarea debitului de produs, cu menținerea la debit constant a agentului termic. Existența by-pass-ului micșorează decalajul de timp dintre o variație a poziției ventilului de reglare și modificarea temperaturii finale a produsului; c) automatizarea fierberii lichidelor și condensării vaporilor: procedeu tehnic care constă în reglarea debitului de abur utilizat ca mediu încălzitor pentru influențarea directă a vitezei de vaporizare. Deoarece temperatura mediului care fierbe sau condensează variază foarte puțin între intrarea și ieșirea din schimbător, din punctul de vedere al reglării este avantajos să se producă o schimbare de fază. Măsurarea debitului masic G al mediului care fierbe sau condensează este o măsură indirectă a debitului de căldură transmis, deoarece prin proces trebuie practic luată sau cedată căldura latentă λ, conform relației:

$$Q = G \cdot \lambda$$

În cazul unui condensator, modul cel mai eficient de reglare este de a varia aria suprafeței prin care se face transmisia de căldură (fig. A.45). Se comandă în acest scop debitul de condens ce se evacuează în sensul umplerii parțiale

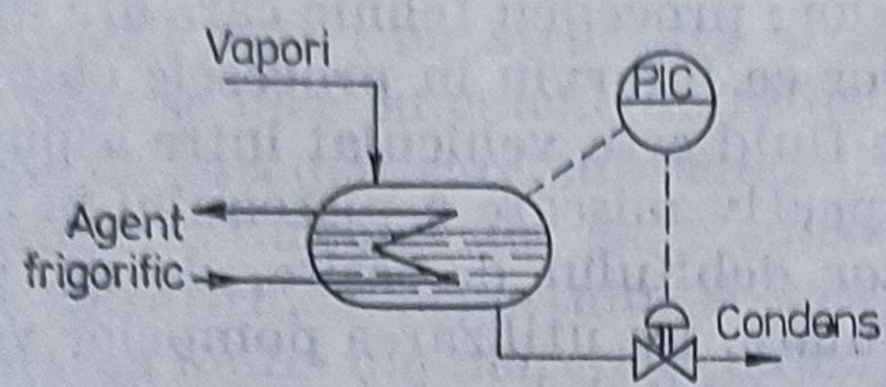


Fig. A.45. Sistem de automatizare a condensatoarelor:
PIC — reglarea presiunii de vapori prin modificarea debitului de condens

cu condens a schimbătorului, ceea ce reduce suprafața disponibilă pentru condensare; d) automatizarea procesului de ardere: procedeu tehnic de reglare a temperaturii flăcării, în scopul ridicării temperaturii produselor de ardere la o valoare impusă. Debitul caloric Q produs prin arderea unui debit masic G_c de combustibil, avînd căldura de ardere c_a este:

$$Q = G_c \cdot c_a$$

Debitul caloric Q ridică temperatura combustibilului și a aerului pînă la temperatura flăcării T:

$$Q = G_c \cdot h_c(T - T_c) + G_{aer} h_{aer}(T - T_{aer})$$

unde h_c, h_{aer}, T_c, T_{aer} sînt căldurile specifice medii și temperaturile de intrare ale combustibilului și aerului. În practică procesul arderii combustibilului se conduce cu un control al excesului de aer (fig. A 46). Reglarea arderii se face în

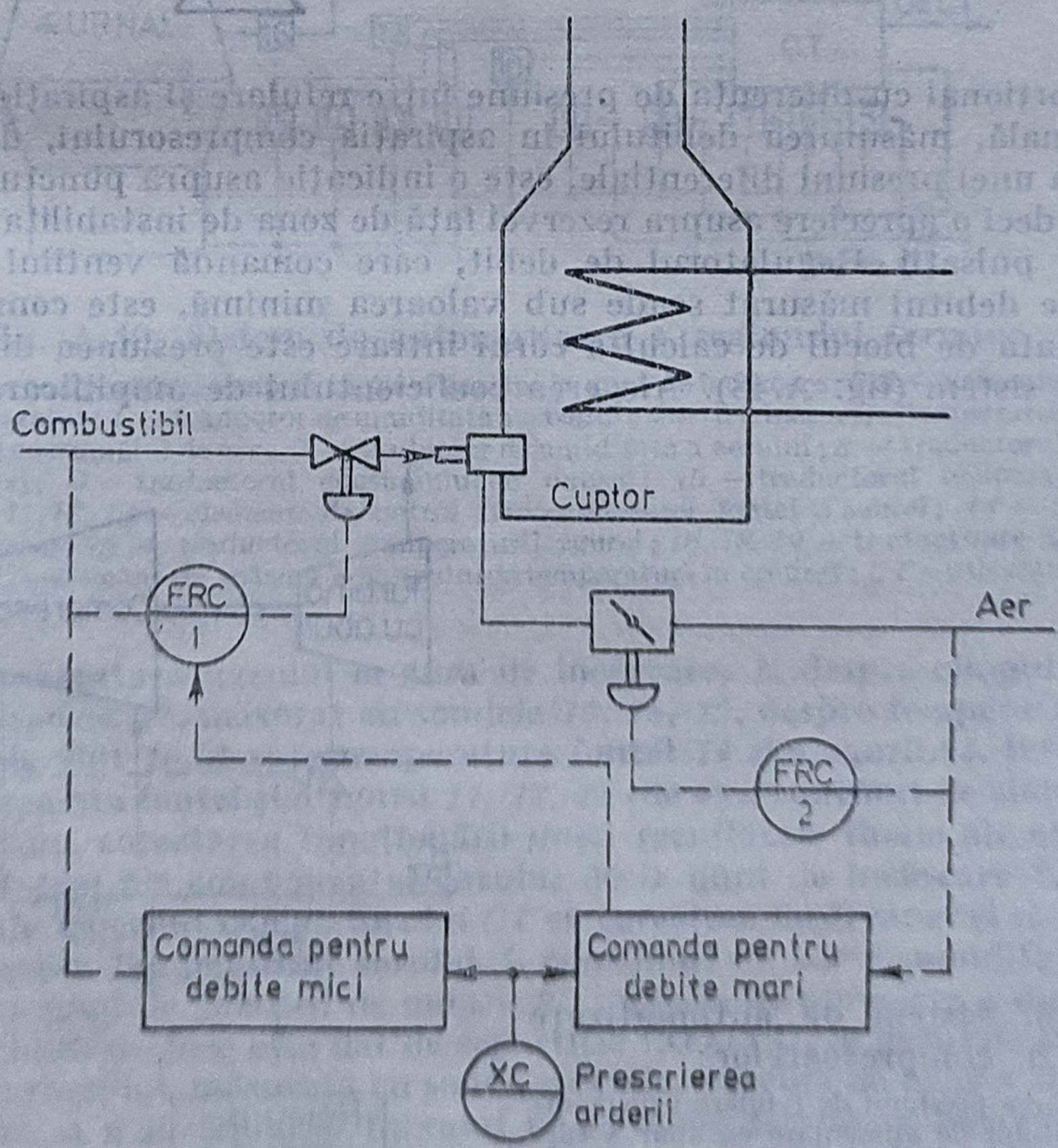


Fig. A.46. Sistem de automatizare a procesului de ardere:
FRC/1 — reglarea debitului de combustibil; *FRC/2* — reglarea debitului de aer; *XC* — comanda regimului de ardere

funcţie de conţinutul de oxigen măsurat în produsele arderii sau în funcţie de un alt parametru considerat esenţial în proces (de ex., temperatura aburului supraîncălzit din tambur sau presiunea aburului la cazanul generator de abur); e) automatizarea pompelor şi a compresoarelor: procedeu tehnic care are drept scop reglarea debitului şi a presiunii fluidelor ce intervin în procesele chimice. În cazul pompelor volumetrice un volum de fluid este vehiculat între aspiraţie şi refulare la fiecare rotaţie a arborelui, respectiv mişcare a pistonului în mod periodic, urmărindu-se eliminarea pulsaţiilor debitului de ieşire, de ex. prin amortizare cu pernă gazoasă montată în refulare. La utilizarea pompelor volumetrice cu roţi dinţate sau cu palete, reglarea debitului se face prin montarea unui ventil de reglare în by-pass-ul pompei, cu descărcarea printr-un alt ventil de reglare (fig. A.47). În cazul compresoarelor centrifugale, la care debitul

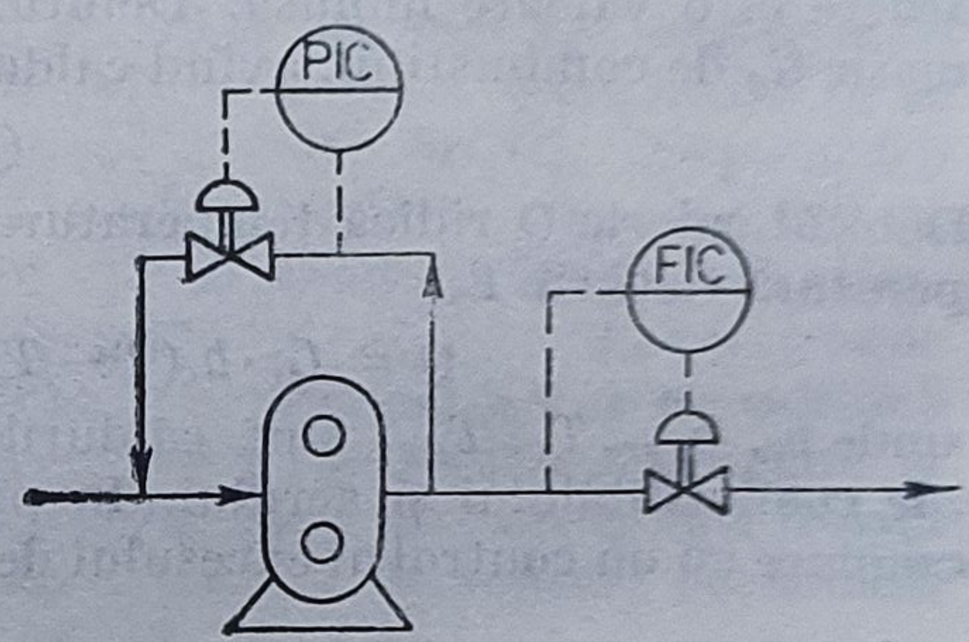


Fig. A.47. Sistem de automatizare a pompelor volumetrice:
PIC — reglarea presiunii de refulare; *FIC* — reglarea debitului de refulare

este proporţional cu diferenţa de presiune între refulare şi aspiraţie în funcţionare normală, măsurarea debitului în aspiraţia compresorului, deci indirect măsurarea unei presiuni diferenţiale, este o indicaţie asupra punctului de funcţionare şi deci o apreciere asupra rezervei faţă de zona de instabilitate în care se manifestă pulsaţii. Regulatorul de debit, care comandă ventilul de by-pass imediat ce debitul măsurat scade sub valoarea minimă, este comandat de o mărime dată de blocul de calcul a cărui intrare este presiunea diferenţială a întregului sistem (fig. A.48). Alegerea coeficientului de amplificare *K* rezultă

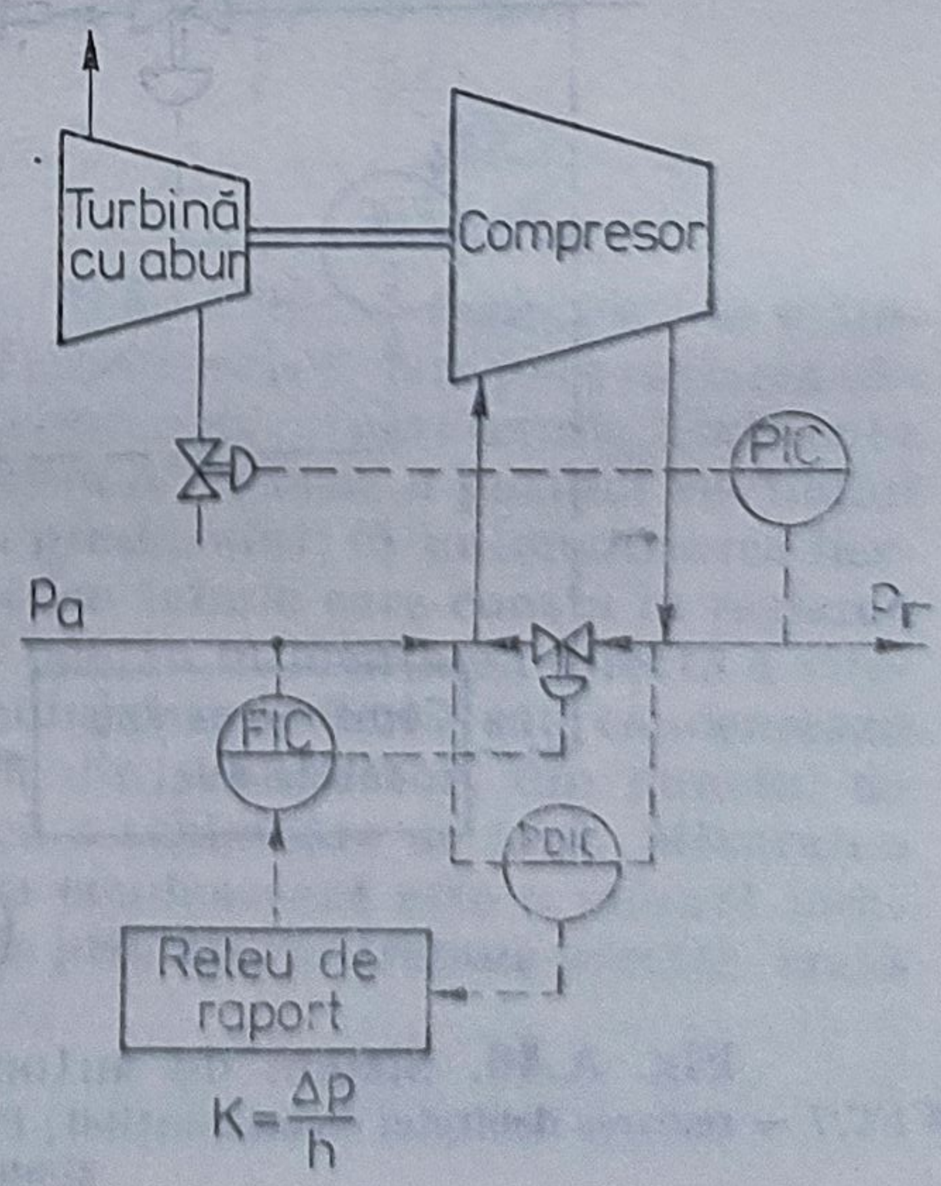


Fig. A.48. Sistem de automatizare a compresoarelor:
PIC — reglarea presiunii de refulare prin modificarea debitului de alimentare cu abur a turbinei; *FIC* — reglarea debitului de produs, prin modificarea debitului de recirculare cu corecţie după căderea de presiune pe ventil *PDIC*

din raportul $\Delta p/h$, unde $\Delta p = p_r - p_a$ și h este domeniul dispozitivului de transmitere a presiunii diferențiale pentru măsurarea debitului.

automatizarea procesului la furnale, procedeu tehnic de reglare a transferurilor de masă și energie în furnale, cu scopul reducerii minereului de fier și al obținerii fontei cu structură și temperatură date. Conducerea automată a furnalelor se face cu calculatoare de proces, care coordonează următoarele subsisteme de automatizare: subsistemul încărcăturii; subsistemul regimului termic; subsistemul fluxului de gaz; subsistemul funcționării furnalului. Automatizarea cîntăririi, transportului și încărcării asigură: calculul încărcăturii pentru elaborarea fontei din materiale date; comanda alegerii, cîntăririi și transportului materialelor spre schipuri; comanda încărcării materialelor în furnal. Automatizarea alimentării furnalului vizează dozarea materialelor, transportul lor spre elevator, încărcarea și distribuirea pe gura de încărcare. Sarcina subsistemului de automatizare a regimului termic constă în rejectarea perturbațiilor determinate de distribuția fluxurilor de gaze, de variația compoziției și a proprietăților fizice ale materialelor, în vederea obținerii calității stabile a fontei cu un consum minim de cocs. Schema structurală a subsistemului de automatizare a regimului termic este dată în fig. A.49. Se utilizează informațiile despre com-

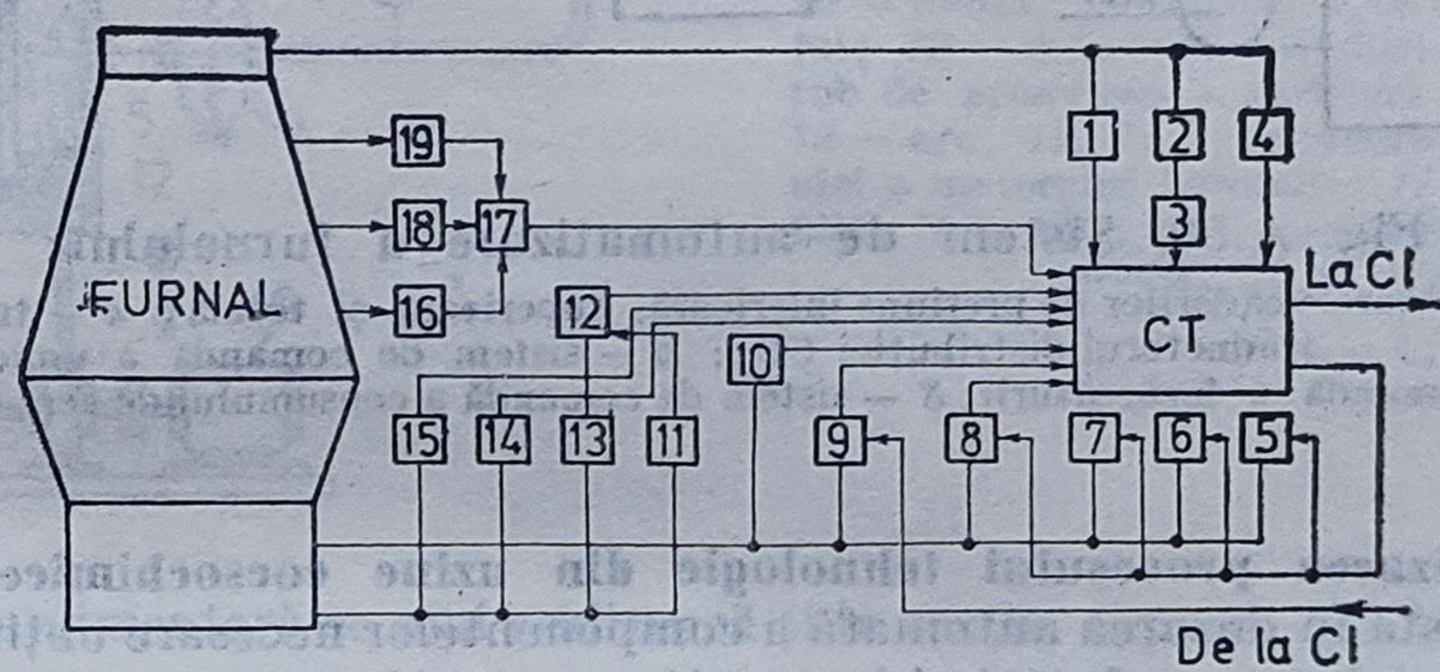


Fig. A.49. Sistem de automatizare a regimului termic:

1 — traductor de compoziție și temperatură ale gazului la gura de încărcare; *2,3* — elemente de control a componenței gazului; *4* — traductor de umiditate a gazului; *5* — traductor de temperatură a aerului; *6* — traductorul consumului de aer; *7* — traductor de umiditate a aerului; *8* — traductorul consumului de gaz natural; *9* — traductorul consumului de oxigen; *10* — traductorul temperaturii zonei gurilor de vînt; *11, 12, 13* — elemente de control ale componenței fontei și zgurei; *14* — traductorul temperaturii fontei; *15* — traductorul temperaturii zgurei; *16, 18, 19* — traductoare de temperatură; *17* — element de măsură a cîmpului de temperatură în creuzet; *CT* — calculator

poziția și temperatura gazului la gura de încărcare, *1*, despre cîmpul de temperatură în creuzet *17*, măsurat cu sondele *16*, *18*, *19*, despre temperatura zonei de la gurile de vînt *10*, despre temperatura fontei *14* și a zgurii *15*. Informațiile despre componența fontei și a zgurii *11*, *12*, *13* (de ex., conținut de siliciu și sulf în fontă) permit corectarea funcționării după rezultatele finale ale elaborării. Datele de control ale componenței gazului de la gura de încărcare *2*, *3* și ale umidității sale *4* permit calculatorului *CT* să corecteze încărcarea și să elibereze informații despre temperatura aerului *5*, consumul de aer *6*, umiditatea sa *7*, și despre consumul de gaz *8* și de oxigen *9*. Indicele de apreciere a distribuției optime a fluxului de gaze este dat de repartiția CO și CO_2 în gazul de la gura de încărcare a furnalului, măsurată cu sonde speciale. Sarcina de bază a sistemului de automatizare a distribuției fluxului de gaze pe secțiunea gurilor de vînt constă în menținerea regimului normal de funcționare a furnalului. Ca mijloace de comandă se utilizează: schimbarea ordinii de încărcare în furnal, corecția

programului de funcționare a distribuitorului rotativ, schimbarea nivelului de umplere și a masei încărcăturii (dirijarea de sus), schimbarea cantității, componenței, distribuției și temperaturii aerului (vîntului) combinat și a gazului natural (dirijarea de jos). Subsistemul de reglare automată a funcționării furnalului asigură regimul maxim de vînt la funcționarea uniformă. Regimului uniform de coborîre (tasare) a coloanei îi corespunde o valoare optimă a consumului de aer cald. Acțiunile principale de comandă ale funcționării furnalului sînt modificarea ordinii de încărcare a materialelor cînd se încalcă condițiile de funcționare în partea superioară a furnalului, și schimbarea consumului de aer și a umidității lui la creșterea rezistenței zonei inferioare a furnalului (fig. A.50).

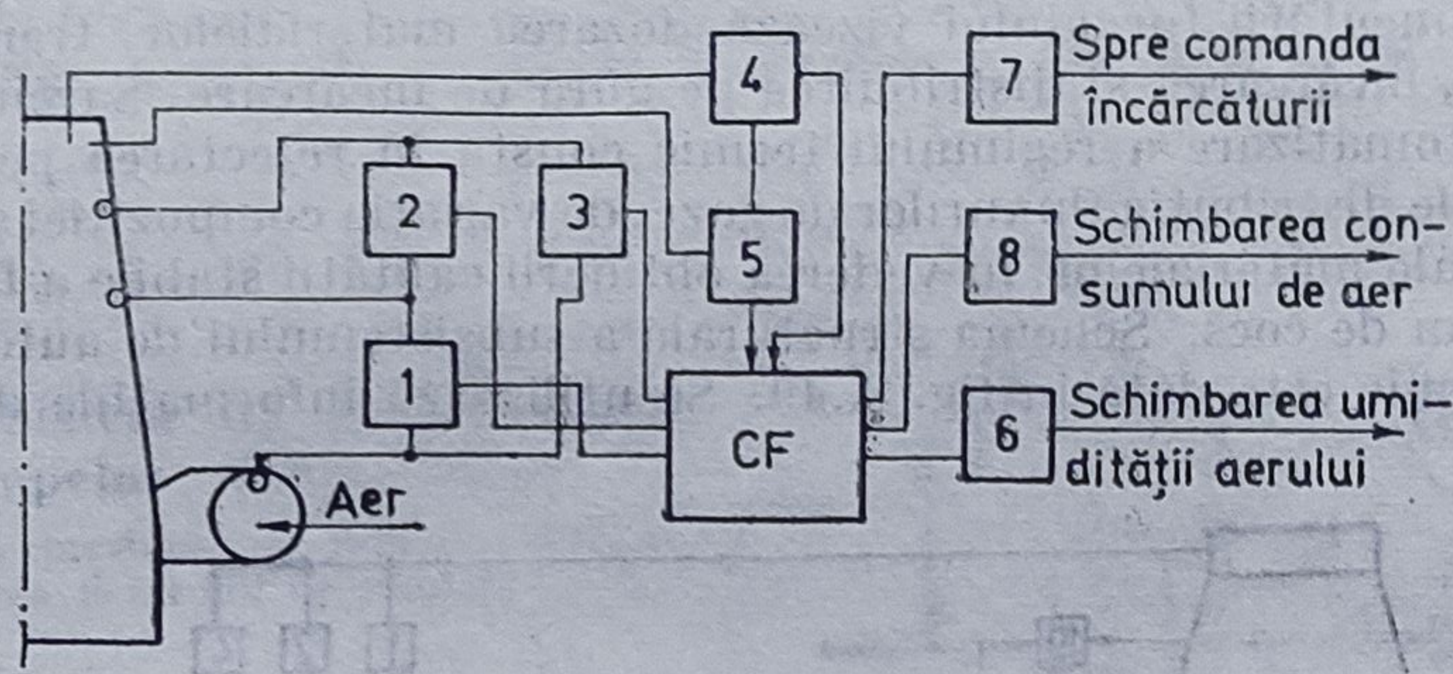


Fig. A.50. Sistem de automatizare a furnalului:

1, 2, 3 — traductoarele căderilor de presiune inferioară, superioară și totală; *4* — traductoarele de viteză a coloanei; *5* — traductorul distribuției CO_2; *6* — sistem de comandă a umidității aerului; *7* — sistem de comandă a încărcăturii; *8* — sistem de comandă a consumului de aer; CF — calculator

automatizarea procesului tehnologic din uzine cocsochimice, procedeu tehnic ce constă în dozarea automată a componentelor necesare obținerii cocsului utilizat la fabricarea fontei și în menținerea unui regim termic constant în sectorul cuptoarelor de cocsificare. Cocsul se obține prin încălzire, în absența aerului, a cărbunilor cocsificabili (huile) la temperaturi de 900...1000°C. În aceste condiții crește conținutul în carbon al reziduului solid (cocs) prin eliminarea unor produse de masă moleculară mai mică, ce se degajă sub formă de materii volatile (vapori de apă, de benzen, de gudron etc.). Procesul de cocsificare are loc în cuptoare grupate în baterii, construite astfel încît să existe un transfer cît mai mare de căldură de la peretele cuptorului la șarja de cărbune. Pentru obținerea unei anumite calități a cocsului în funcție de sorturile de cărbune este necesar să se realizeze un amestec al acestora într-un anumit raport, dat de o rețetă prestabilită, și menținut riguros constant prin automatizarea operației de dozare. Cărbunele este extras din silozuri cu ajutorul unei benzi dozatoare și deversat pe banda colectoare. Reglarea cantității de cărbune deversată pe banda colectoare se face prin reglarea vitezei motorului de antrenare a benzii dozatoare. Cele mai importante operații automatizate în sectorul cuptoarelor de cocsificare sînt: inversarea focului în camerele de arderde ale cuptoarelor, menținerea unui regim termic constant în aceste camere prin reglarea automată a tirajului și menținerea constantă a presiunii în colectorul de gaz brut. Inversarea focului în camerele de ardere ale cuptoarelor de cocsificare se face periodic (de ex., perioada este 20 min), cu scopul de a mări randamentul termic prin preîncălzirea aerului și a gazului de combustie sărac înainte de utilizare și pentru o încălzire cît mai uniformă a șarjei. Schema automată de inversare a focului în camerele de ardere este realizată cu elemente de

comutaţie statică, asigurînd succesiunea operaţiilor: oprirea alimentării cu gaz de combustie a camerelor de ardere ; schimbarea tirajului aerului în camerele de ardere ; alimentarea cu gaz de combustie din capătul opus. Reglarea presiunii în colectorul de gaz brut asigură menţinerea presiunii din camera de cocsificare în permanenţă la o temperatură mai mare decît cea din camerele de ardere şi decît cea atmosferică. Se utilizează în acest scop un regulator hidraulic de presiune, montat pe conducta de gaz brut imediat după colector (fig. A.51).

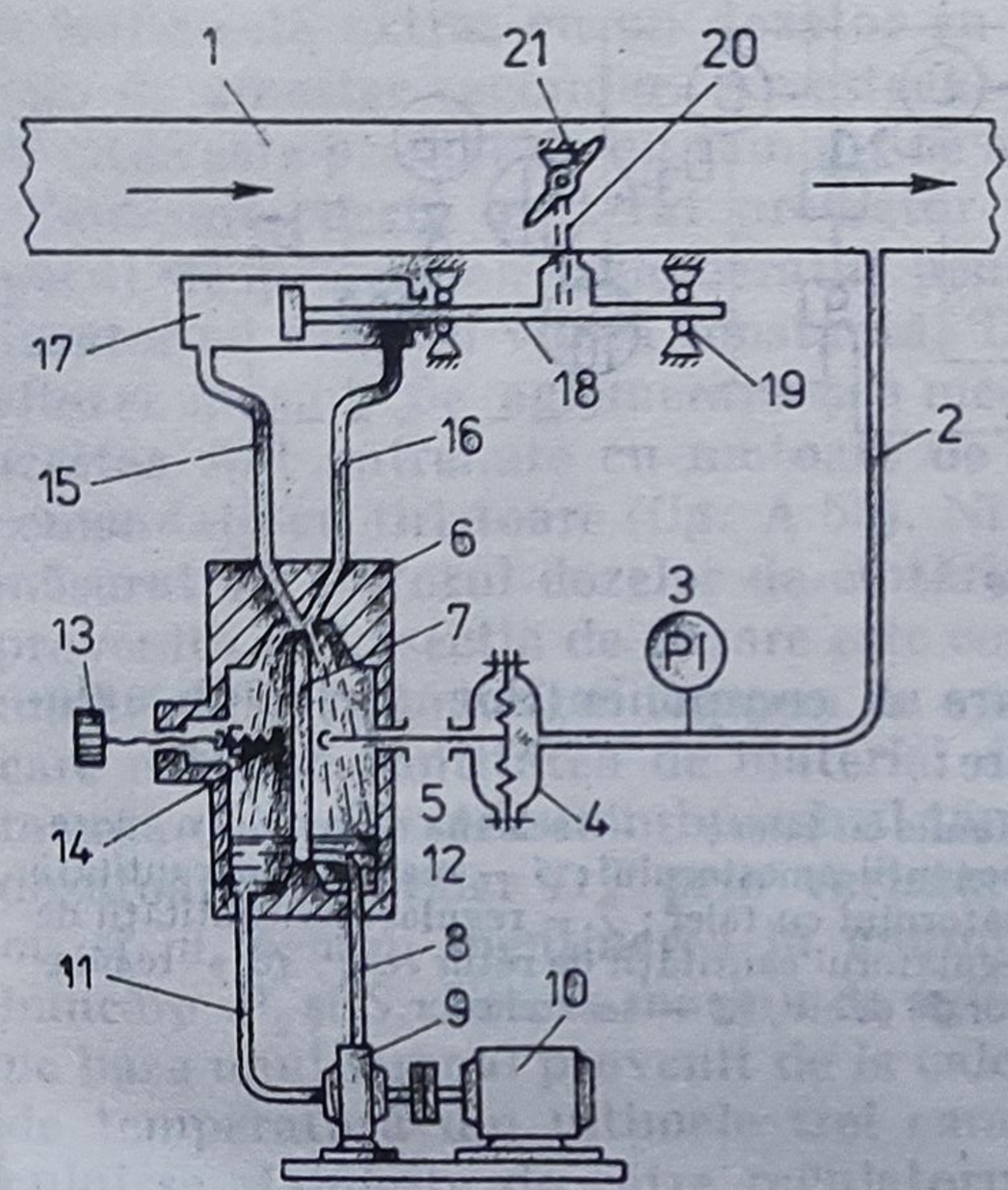


Fig. A.51. Reglarea presiunii în colectorul de gaz brut cu ajutorul regulatorului hidraulic:

1 — conducta colectoare; *2* — priza de presiune; *3* — manometru; *4* — traductor de presiune; *5* — tijă; *6* — corpul regulatorului; *7* — tub mobil; *8* — conductă de alimentare cu ulei a regulatorului hidraulic; *9* — pompă de ulei; *10* — motor; *11* — conductă de colectare a uleiului; *12* — membrana traductorului; *13* — şurub de prescriere a presiunii din conducta; *14* — arc; *15, 16* — conducte de alimentare cu ulei a motorului hidraulic; *17* — motor hidraulic; *18* — tijă; *19* — role de ghidare; *20* — manivelă; *21* — clapetă

O reglare suplimentară se mai realizează şi în secţia captare condens, la exhaustoare.

automatizarea procesului tehnologic de dozare şi aglomerare, procedeu tehnic de reglare şi de corelare a transferurilor de masă şi energie a fazelor intermediare de dozare, amestecare, umidificare, aglomerare, concasare şi sortare a componentelor unei şarje. Proporţia între diferitele componente ale şarjei se stabileşte în funcţie de calitatea dorită a aglomeratului, fiind menţinută constantă la variaţii ale vitezei benzii de aglomerare, deci ale cantităţii totale de amestec. În fig. A. 52 este prezentată o instalaţie de dozare automată a componentelor şarjei de aglomerare. Regulatorul *5* comandă variaţia debitelor de minereu, materiale de adaos şi calcar în funcţie de variaţia nivelului în buncărul tampon din secţia aglomerare. Semnalul emis de acest regulator modifică valorile impuse instalaţiilor *3* de dozare, conform reţetei de amestec. Cantitatea totală de minereu şi calcar este cîntărită cu cîntarul de bandă C_1 şi este transmisă regulatoarelor pentru cocs *7*, retur cald *8* şi retur rece *9*. Regulatorul cantităţii de cocs primeşte semnal de la comparatorul D_{2-4}, ce face diferenţa între cantităţile cîntărite de cîntarele C_2 şi C_4. Acest semnal este proporţional cu cantitatea de retur ; deci în funcţie de cantitatea totală de minereu, calcar şi retur, regulatorul *7* comandă instalaţia de dozare cu bandă extractoare pentru cocs. În funcţie de cantitatea totală de minereu, regulatorul *8* stabileşte cantitatea de retur cald prin închiderea întreruptorului K_1. Deoarece dozatorul returului cald este volumic, antrenat de un motor de curent continuu cu turaţie reglabilă, dar fără posibilitatea de cîntărire a materialului extras, semnalul de reacţie pentru această buclă se obţine în elementul de comparaţie D_{2-3}. Cantitatea de

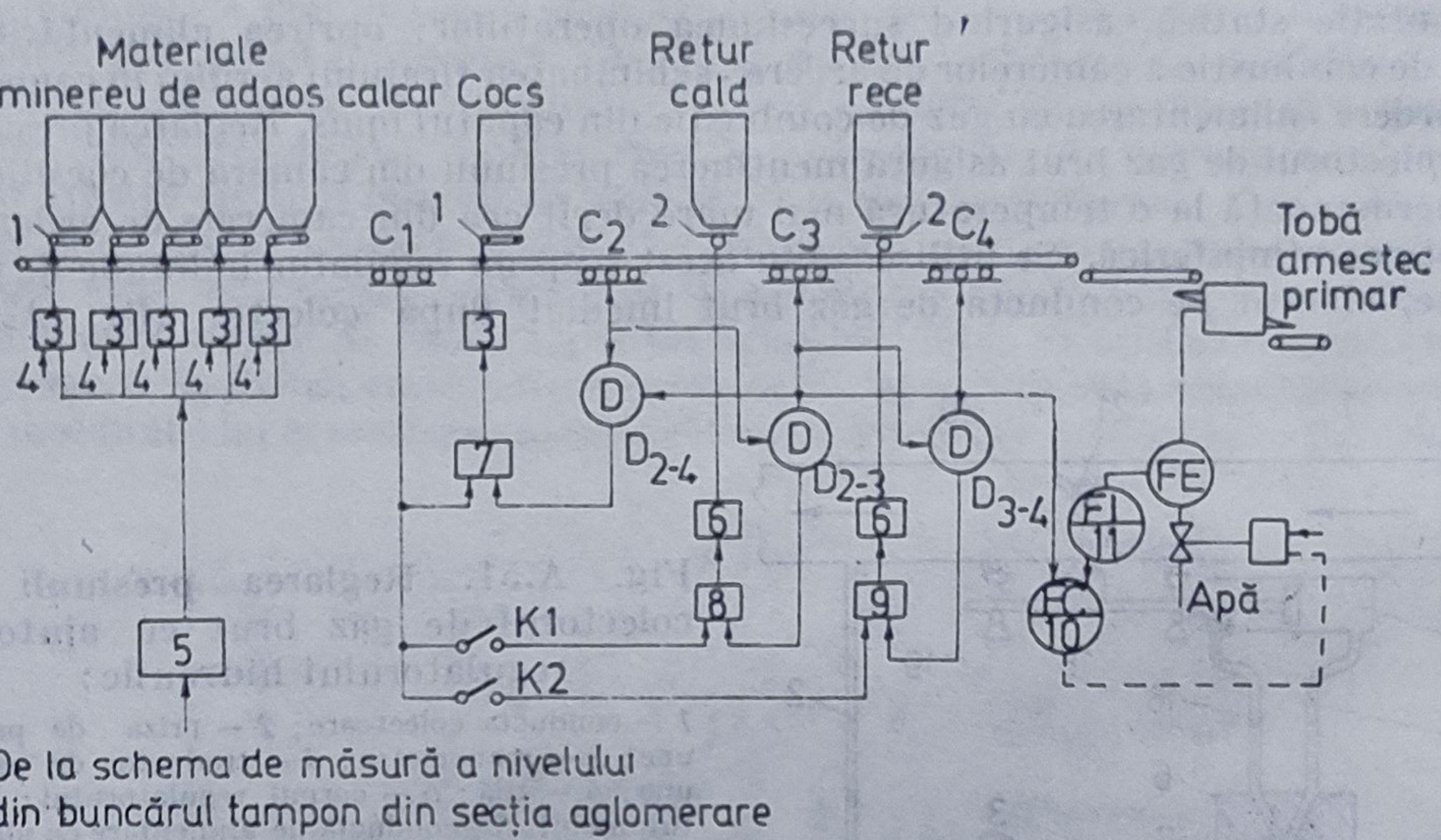


Fig. A.52. Instalaţie automată de dozare a componenţilor şarjei de aglomerare:

1 — dozator gravimetric cu bandă; *2* — dozator volumic cu taler; *3* — schema de reglare a dozatorului gravimetric; 4 — valori impuse pentru componenţii amestecului; *5* — regulatorul cantităţii totale de amestec; *6* — bloc de reglare a turaţiei dozatorului cu taler: *7* — regulatorul cantităţii de cocs; *8* — regulatorul cantităţii de retur cald; *9* — regulatorul cantităţii de retur rece; *10* — regulatorul cantităţii de apă; *11* — traductor de debit; *12* — servomotor.

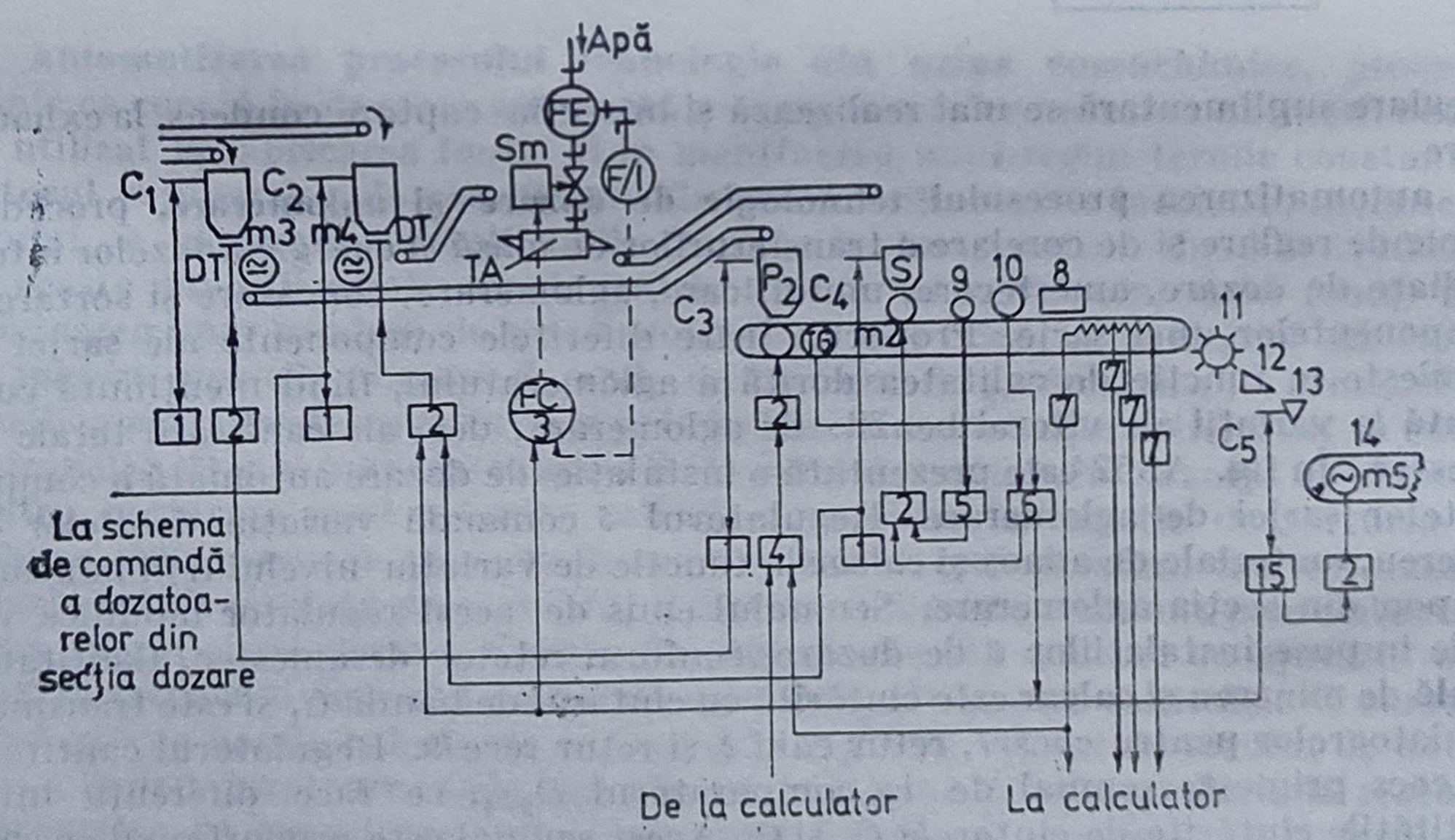


Fig. A.53. Instalaţie de reglare a maşinii de aglomerare:

1 — instalaţie de măsură a nivelului în buncăr; *2* — instalaţie de reglaj a motoarelor de curent continuu; *3* — regulatorul cantităţii de apă; *4* — regulatorul vitezei benzii de aglomerare; *5* — regulatorul înălţimii stratului de material; *6* — element de calcul; *7* — traductoare de temperatură; *8* — focar de aprindere; *9* — sondă palpatoare; *10* — traductor de poziţie; *11* — concasor; *12* — sită; *13* — pîlnie de vărsare; *14* — răcitor; P_1 — buncăr tampon de pat; A — buncăr tampon de amestec; *DT* — dozator cu taler; *TA* — tobă de amestec secundar; *Sm* — servomotor; P_2 — buncăr de pat; *S* — buncăr de şarjă; *15* — regulatorul vitezei de răcire.

apă ce se introduce în toba de amestec primar se stabilește de regulatorul *10*, în funcție de cantitatea totală de amestec cîntărită de cîntarul C_4. Elementul de execuție este un servomotor ce acționează asupra vanei de pe conducta de apă, iar bucla de reacție este formată din traductorul de debit *11*. Dacă întreruptoarele K_1, K_2 sînt deschise, returul se dozează automat la o valoare impusă de operator, independent de variațiile cantității totale de minereu. Amestecul, adus de la secția de dozare, este depozitat într-un buncăr tampon de amestec, de unde este extras cu un dozator cu taler cu viteză variabilă și introdus în toba de amestec secundar. Amestecul este introdus într-un buncăr de dozare, de unde este preluat de un tambur de alimentare și depus pe grătarele benzii de aglomerare, peste un strat protector de aglomerat de o anumită granulație (patul de protecție). Aglomeratul pentru pat este extras din buncăr cu un dozator cu taler cu viteză constantă. Datorită variației într-un domeniu larg a vitezei mașinii de aglomerare și a mecanismelor de alimentare cu materiale, acestea sînt antrenate cu motoare de curent continuu, alimentate prin punți comandate cu tiristoare (fig. A.53). Nivelul materialelor în fiecare buncăr este măsurat cu ajutorul dozelor de cîntărire $C_1 - C_4$. Cantitatea totală de amestec provenită de la secția de dozare este comandată de cîntarul C_2, astfel ca nivelul materialului în buncărul tampon de amestec să rămînă constant. Dozele C_3, C_4 care măsoară cantitatea de material din buncărul de pat, respectiv șarjă, comandă debitul extras din buncărul tampon de pat, respectiv amestec, de către dozatoarele cu taler *DT* prin variația turației motoarelor de curent continuu m_3 și m_4 pentru menținerea în anumite limite date a nivelului în cele două buncăre P_2 și *S*. Viteza mașinii de aglomerare este comandată de regulatorul *4*, pe baza unui semnal provenit de la calculatorul de proces, în funcție de valorile de temperatură din ultimele trei camere de depresiune. Umiditatea amestecului se stabilește de către regulatorul *3*, în funcție de cantitatea totală de material. Focarul de aprindere a amestecului supus aglomerării este prevăzut cu o instalație de reglare automată a temperaturii. Pentru a păstra constant raportul aer/combustibil, o dată cu modificarea debitului de bigaz (obținut prin amestec între gazul de furnal și gazul metan în stația de bigaz) este modificat corespunzător și debitul aerului de combustie.

O metodă de conducere automată cu calculator a procesului de aglomerare este aceea de a stabiliza compoziția granulometrică a componentelor încărcăturii, pe baza unor diagrame de permeabilitate a încărcăturii de aglomerare (p_i) — umiditate (h_i), analizate off-line pentru diverse dozaje ale componentelor, și transpuse în procesul de conducere on-line prin prescrierea de către calculator a mărimilor de referință pentru buclele de reglare din instalație.

automatizarea proiectării → proiectarea asistată de calculator, → automatizarea programării

automatizarea programării, metodă de elaborare a sistemului de programe destinate unui sistem de conducere care se bazează pe interacțiunea între proiectant și calculatorul de care acesta se servește. Proiectantul ia deciziile necesare, iar calculatorul efectuează activitățile de rutină. În prima fază proiectantul stabilește configurația sistemului de conducere, specificînd mărimile de intrare, de ieșire, tipurile de protocoale, modul de comunicare între operator și procesul condus. De regulă, generarea specificației sistemului de conducere se face interactiv, cu ajutorul calculatorului. În etapa următoare calculatorul generează baza de date a sistemului de programe și conectează modulele de program ce compun sistemul de programe necesar. În final are loc testarea (prin simulare sau pe instalație) a sistemului de programe generat și, în ultimă instanță, punerea în funcțiune a întregului sistem de conducere. Programele generate pot fi transportate, pe echipamentul de conducere direct (de ex., prin

conexiunea serială), prin intermediul unui suport magnetic (bandă, casetă, disc, disc flexibil etc.) sau prin intermediul memoriilor *EPROM*, corespunzător înscrise.

automatizarea reacțiilor chimice, procedeu tehnic de reglare a desfășurării reacțiilor chimice, ce asigură folosirea cu randament maxim a materiilor prime și a energiei pentru menținerea unor parametri între limitele necesare obținerii calității produsului finit rezultat din reacție. În **a.r.c.**, ce au loc în reactoare, intervin reglări de debite, temperaturi și *p*H. După tipul reacțiilor, există două variante principale de automatizare a reactoarelor:

— automatizarea reactoarelor continue, procedeu tehnic de reglare a reacțiilor chimice ce se desfășoară în reactoare cu alimentare continuă cu debit constant, cu evacuare continuă a produsului și cu schimb constant energetic. Reactoarele continue asigură repartiția constantă în timp și spațiu a compoziției și temperaturii, reducîndu-se la minimum pierderile de produs și reactanți. În funcție de gradul de conversie, reactantul sau reactanții trebuie uneori recirculați, iar în funcție de natura procesului chimic poate fi recirculat mediul de vehiculare inert sau chiar produsul. Dacă unul din reactanți are o altă fază decît produsele sau decît ceilalți reactanți, el poate fi introdus automat cu același debit cu care se consumă, fiind o măsură a vitezei de reacție. În asemenea cazuri este necesară purjarea fie în faza gazoasă, în cazul introducerii reactantului gazos în funcție de presiune (fig. A.54, *a*), fie în fază lichidă, în cazul introducerii reactantului lichid funcție de nivel (fig. A.54, *b*). Reacțiile exoterme sînt ini-

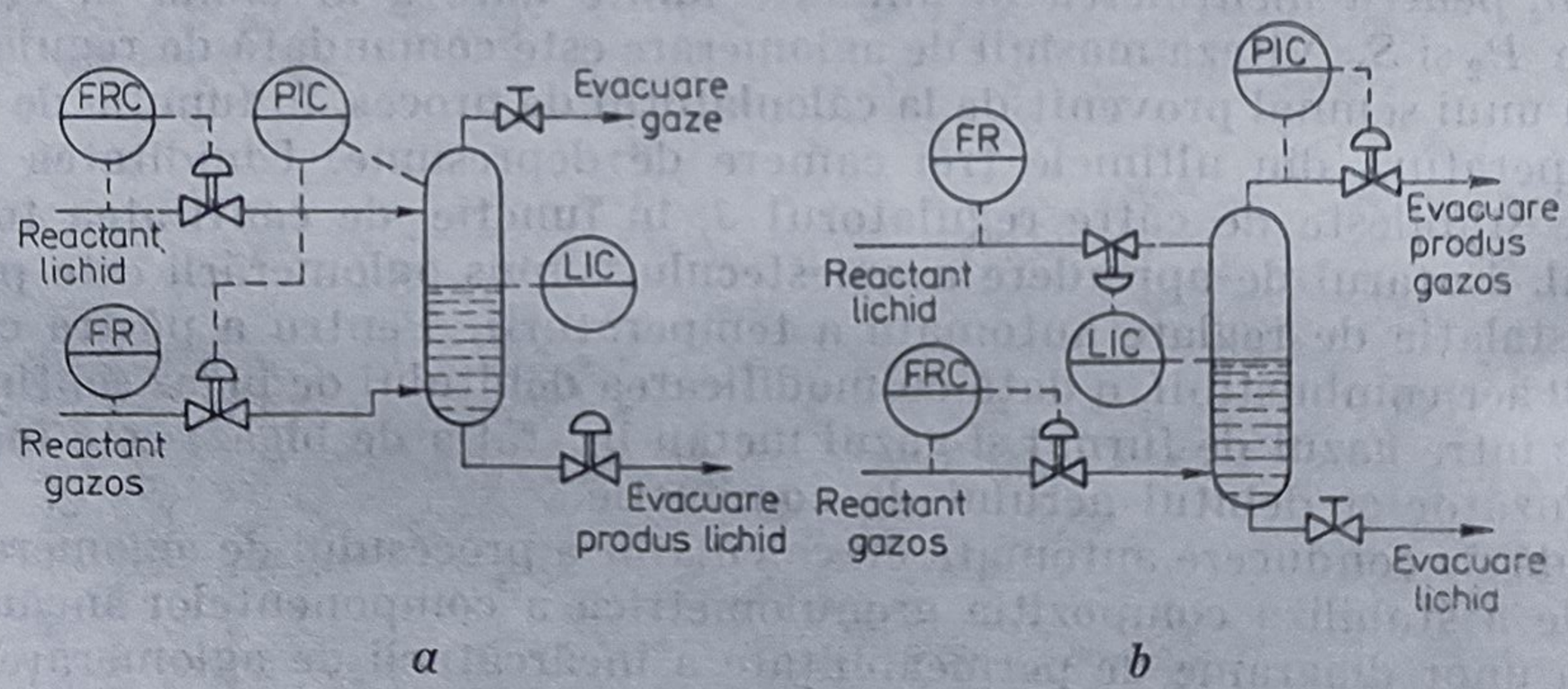


Fig. A.54. Sistem de automatizare a reactoarelor continue :

a — purjare în fază gazoasă ; *FRC* — reglarea debitului de reactant lichid ; *PIC* — reglarea presiunii prin modificarea debitului de reactant gazos ; *LIC* — reglarea nivelului prin modificarea debitului de produs lichid ;
b — purjare în fază lichidă ; *FRC* — reglarea debitului de reactant gazos ; *PIC* — reglarea presiunii prin modificarea debitului de produs gazos ; *LIC* — reglarea nivelului prin modificarea debitului de reactant lichid.

țiate printr-o încălzire prealabilă. Reglarea temperaturii unei reacții exoterme se poate face ținînd cont că punctul de fierbere a mediului de răcire este funcție de presiunea lui. Una dintre cele mai frecvent întîlnite reacții în industria chimică este cea de neutralizare, potrivit căreia se urmărește obținerea unui anumit raport între cei doi reactanți astfel ca produsul să fie cît mai aproape de valoarea neutră a *p*H-ului. În asemenea cazuri se folosește reglarea *p*H-ului prin folosirea a două ventile de reglare prin care se caută extinderea gamei de variație a debitului de reactant, ventilul cel mare avînd caracteristica echiprocentuală, ceea ce face să acționeze compensator față de neliniaritatea curbei de *p*H (fig. A.55). Acest sistem de reglare asigură totodată și necesarul de reactant față de un parametru calitativ, cît și compensarea curbei de *p*H ;

— automatizarea reactoarelor discontinue, procedeu tehnic avînd ca scop reglarea reacțiilor discontinue prin păstrarea unor parametri în limitele unor valori constante și prin respectarea unei succesiuni logice în eșalonarea etapelor reacției. La acest tip de reactoare trebuie furnizată mai întîi căldura necesară inițierii reacției, apoi această căldură trebuie evacuată pentru ca reacția să se desfășoare într-un timp minim (condiția de productivitate) după o lege care să

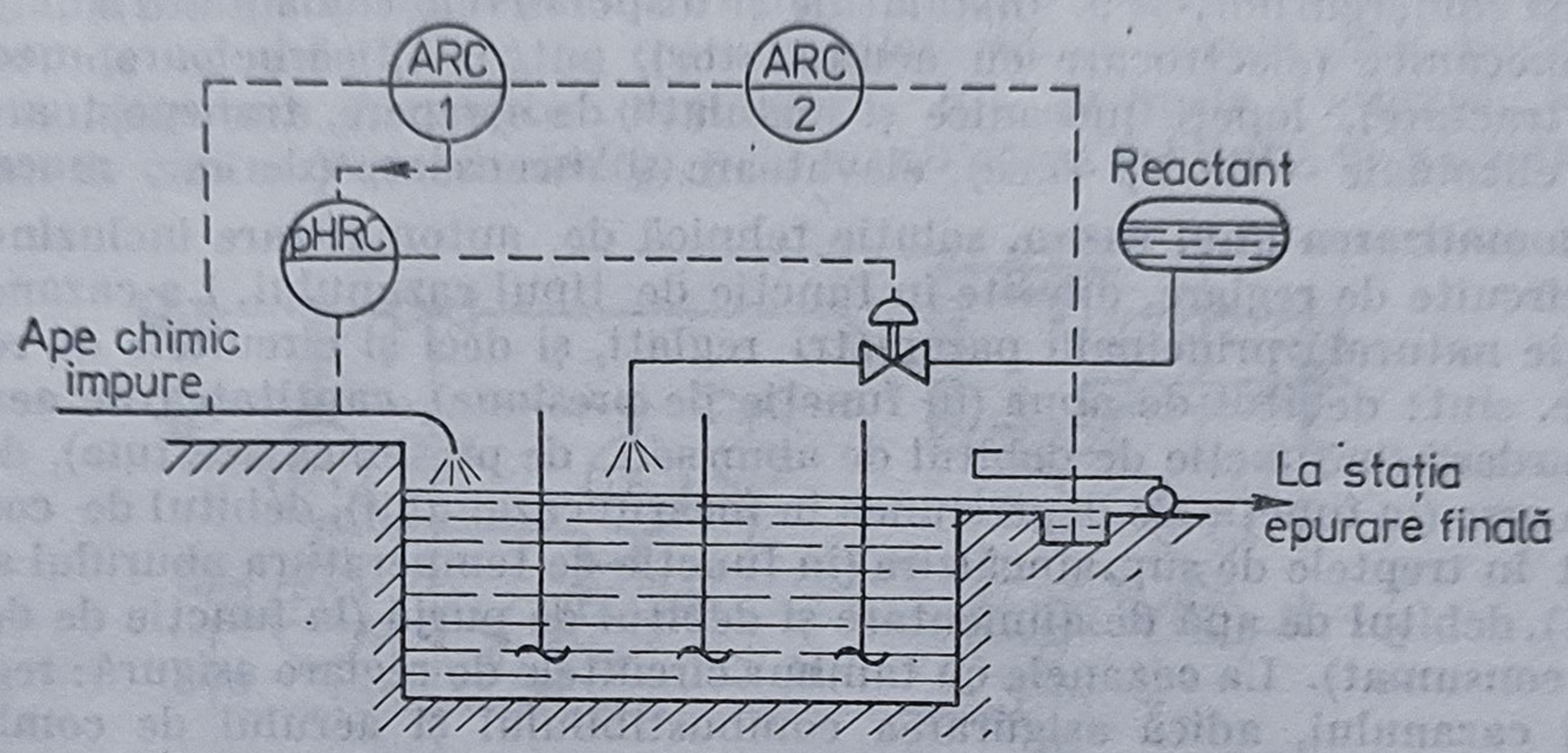


Fig. A.55. Reglarea *p*H-ului:

$ARC_{1,2}$ — reglarea dublă de *p*H prin modificarea debitului unui reactant cu corecție după debitul celui de-al doilea reactant.

evite șocurile termice. Supravegherea on-line a presiunii în reactor furnizează indicații asupra terminării reacției. Un exemplu de automatizare a unui reactor discontinuu este dat în fig. A.56.

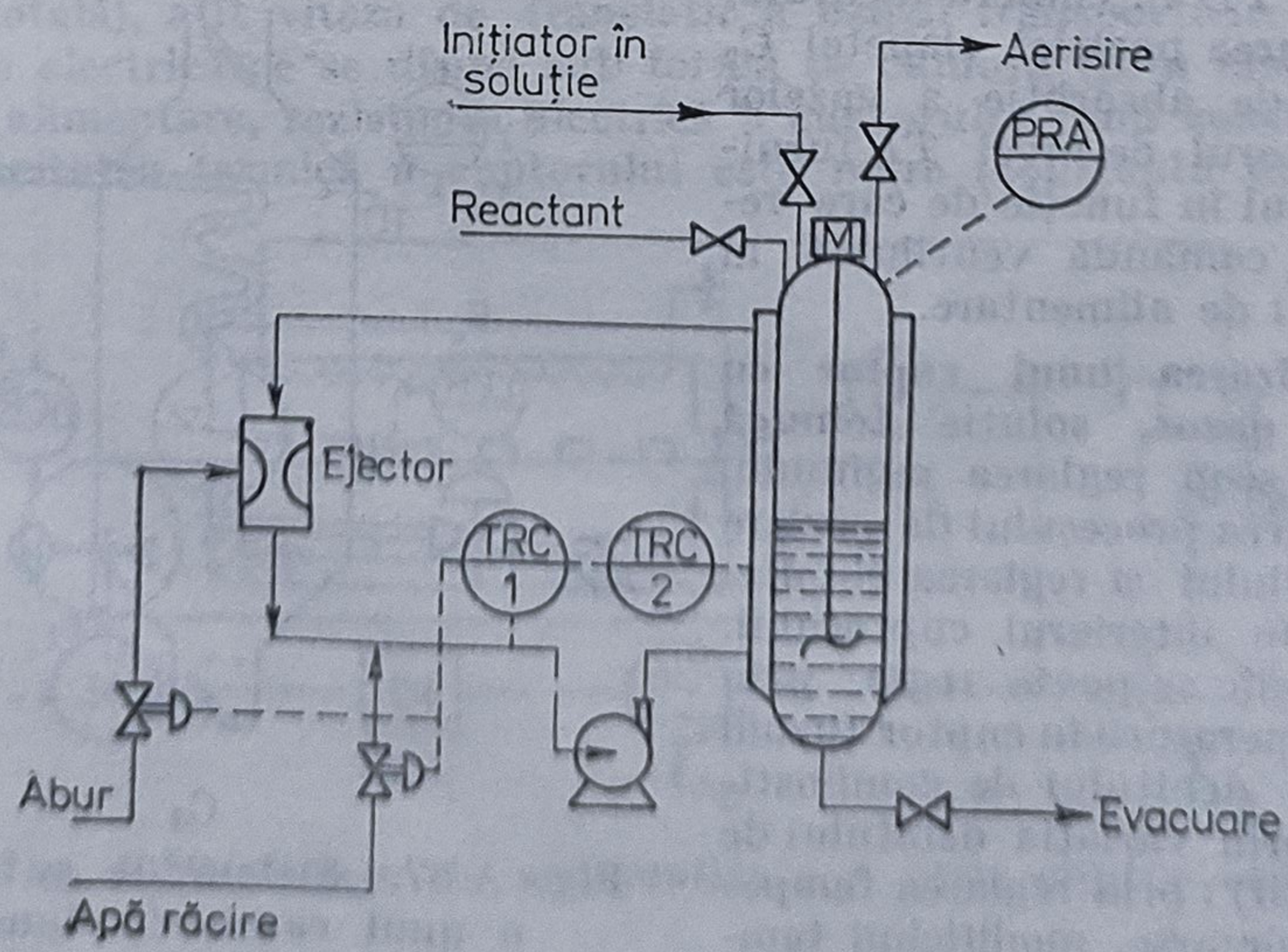


Fig. A.56. Sistem de automatizare a unui reactor discontinuu:

$\overline{TRC}_{1,2}$ — reglarea temperaturii în cascadă, prin modificarea debitului agentului termic de inițializare a reacției (abur), respectiv a debitului agentului de răcire.

automatizarea transporturilor tehnologice, soluţie tehnică avînd drept scop încărcarea, transportarea şi descărcarea mărfurilor cu ajutorul dispozitivelor şi instalaţiilor comandate după un program prestabilit. Transportul automat al mărfurilor presupune controlul operaţiilor de: ridicare a mărfii din depozit sau vehicul, transportarea mărfii de la locul de depozitare pînă la vehicul sau de la vehicul pînă la locul de depozitare, aşezarea mărfii la locul de depozitare sau alt vehicul, cît şi al unor operaţii auxiliare, de ex., curăţirea vagoanelor, spargerea minereurilor, ş. a. Instalaţiile şi dispozitivele comandate sînt: cărucioare mecanice (electrocare cu acumulatori, autocare, cărucioare mecanice pentru tractare), lopeţi mecanice şi instalaţii de screpere, transportoare (cu bandă, elicoidale — de tip şnec), elevatoare şi ascensoare (de ex., macarale).

automatizarea unui cazan, soluţie tehnică de automatizare incluzînd mai multe circuite de reglare, diferite în funcţie de tipul cazanului. La cazanele cu circulaţie naturală principalii parametri reglaţi, şi deci şi circuitele de reglare aferente, sînt: debitul de abur (în funcţie de presiune), cantitatea de aer necesară arderii (în funcţie de debitul de abur sau de presiunea acestuia), debitul de gaze arse (în funcţie de depresiunea în focarul cazanului), debitul de condens injectat în treptele de supraîncălzire (în funcţie de temperatura aburului supraîncălzit), debitul de apă de alimentare şi debitul de purjă (în funcţie de debitul de apă consumat). La cazanele cu tambur circuitele de reglare asigură: reglarea sarcinii cazanului, adică asigurarea combustibilului şi aerului de combustie necesar în funcţie de presiune; calitatea arderii, depresiunea în focar, temperatura şi nivelul apei în tamburul cazanului. În fig. A.57 se prezintă o schemă de reglare pentru un cazan cu tambur. Regulatorul R_1 reglează debitul de combustibil solid pe grătarul mobil din focar GR, a cărui viteză se poate modifica prin modificarea turaţiei motorului M. Regulatorul R_2 reglează debitul de aer de ardere, prin modificarea poziţiei clapetei C_1, în funcţie de cantitatea şi puterea calorifică a combustibilului, determinate prin măsurarea cu traductorul TF_1 a debitului de abur furnizat de cazan şi în funcţie şi de mărimea debitului de aer insuflat în focar (furnizat de TF_2). Regulatorul R_3 permite reglarea depresiunii măsurată de TD în camera focarului prin modificarea poziţiei clapetei C_2 din canalul de absorbţie a gazelor arse. Traductorul de nivel TL furnizează semnalul în funcţie de care regulatorul R_4 comandă ventilul V al admisiei apei de alimentare.

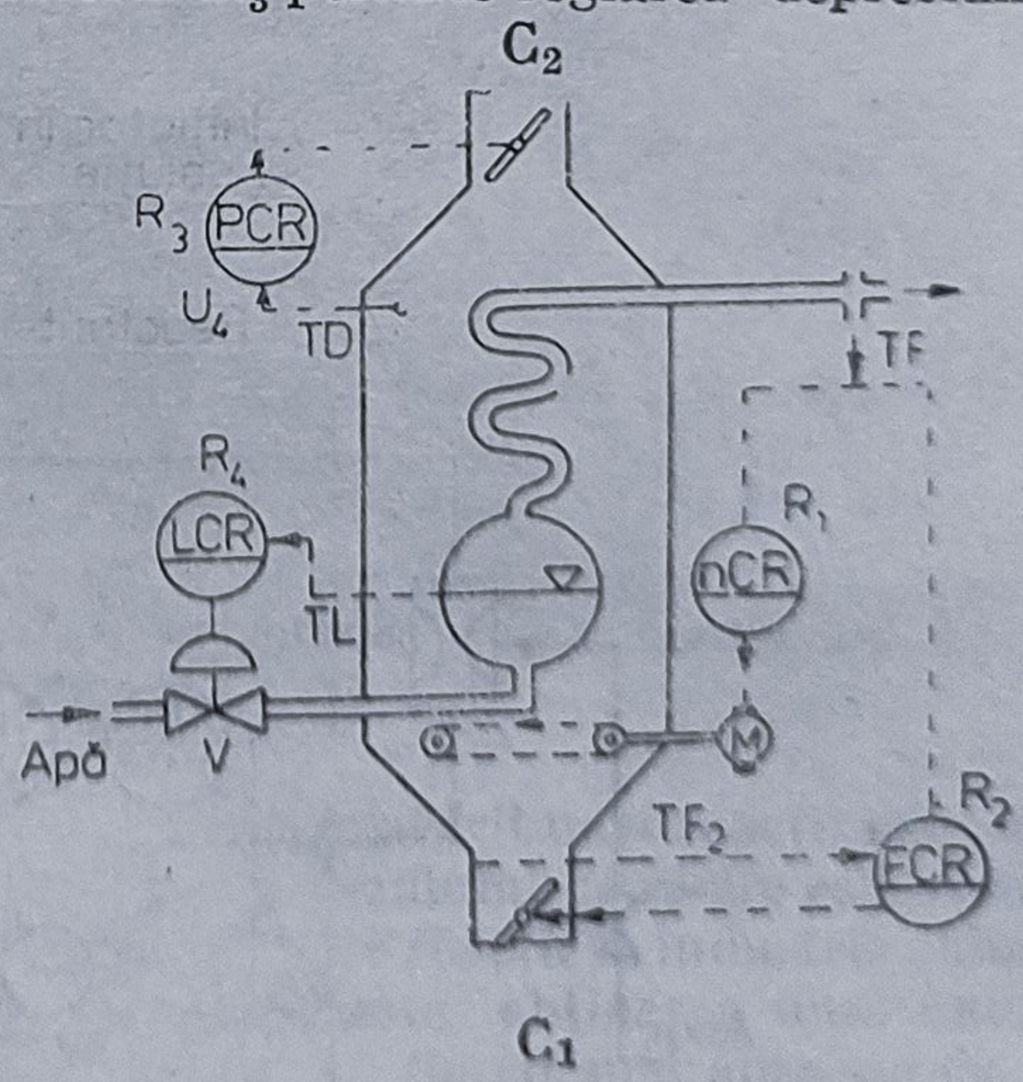


Fig. A.57. Sistem de automatizare a unui cazan cu tambur.

automatizarea unui cuptor cu combustibil gazos, soluţie tehnică avînd drept scop reglarea regimului termic, reglarea procesului de ardere a combustibilului şi reglarea circulaţiei de gaze în interiorul cuptorului. Regimul termic se poate regla: prin reglarea temperaturii în cuptor (uzual prin variaţia debitului de combustibil, uneori prin variaţia debitului de aer preîncălzit); prin reglarea temperaturii gazelor arse, modificînd temperatura în spaţiul de lucru al cuptorului; prin reglarea temperaturii aerului de combustie, în funcţie de debitul de gaze arse. Procesul de ardere se apreciază prin valoarea coeficientului de exces de aer, şi se reglează prin menţinerea unui

anumit raport debit de aer/debit de combustibil, în anumite cazuri utilizînd și bucle suplimentare de reglare sau de corecție în funcție de parametrii caracteristici ai arderii (de ex., compoziția gazelor arse, presiunea fluidului de ardere). Modul de circulație a gazelor calde în cazan se apreciază prin valoarea presiunii din cuptor și se reglează în funcție de valoarea depresiunii pe canalul de gaze arse (tiraj). În fig. A.58 se prezintă o modalitate de interconectare a diferite bucle de reglare. Bucla *a* menține constant debitul de combustibil Q_c (prin regulatorul R_c); bucla *b* reglează raportul debit de aer/debit de combustibil Q_a/Q_c (prin regulatorul de raport R_r); bucla *c* reglează temperatura în cuptor (regulatorul R_t), iar bucla *d* asigură reglarea presiunii în cuptor (regulatorul R_p), prin modificarea debitului de gaze arse Q_{ca}.

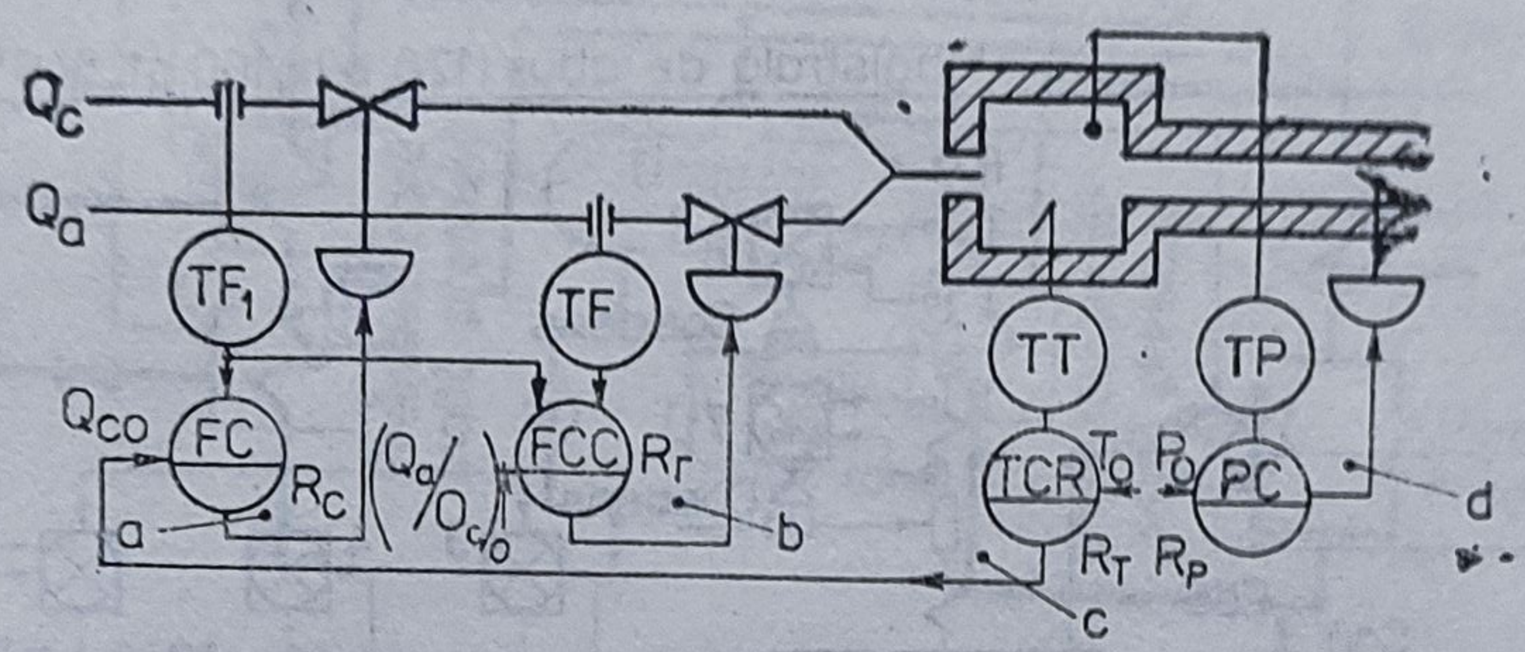


Fig. A.58. Sistem de automatizare a unui cuptor cu combustibil gazos.

automatizarea unui cuptor electric, soluție tehnică avînd drept obiectiv principal menținerea la o anumită valoare a temperaturii în incinta cuptorului. Pentru exemplificare în fig. A.59 se prezintă soluția de automatizare pentru un cuptor tunel la care se modifică, în funcție de valoarea temperaturii (măsurată cu un traductor de temperatură *TT* de tip pirometru de radiație totală), atît viteza de translație a benzii transportoare în tunel, cît și puterea electrică ce se disipă sub formă de căldură (prin modificarea tensiunii de alimentare, rezistența electrică a cuptorului fiind constantă). Deoarece capacitatea termică a cuptorului este mare (constantă de timp mare)

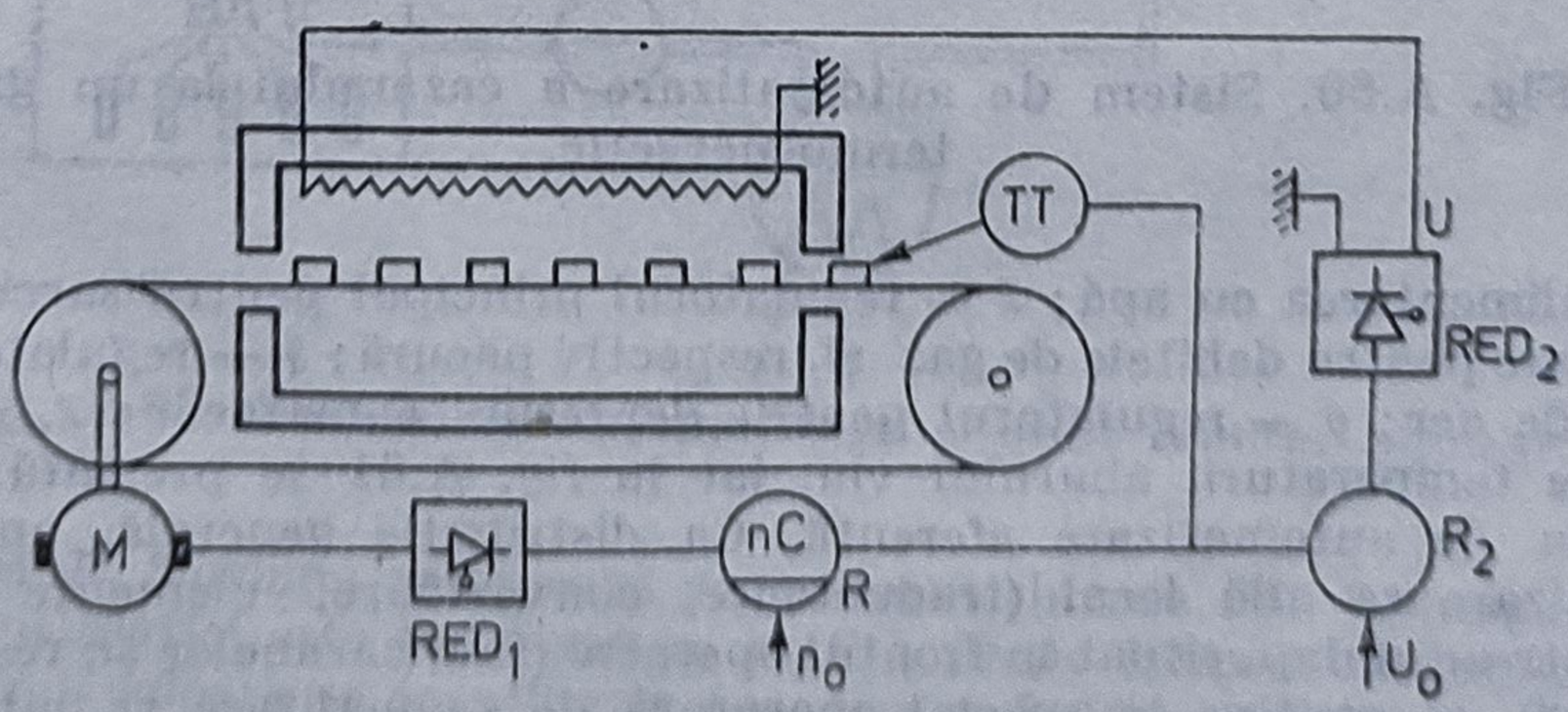


Fig. A.59. Sistem de automatizare a unui cuptor electric.

regulatorul de turație *(R)* trebuie să intervină mai rapid, de ex., după o lege *PD*, în timp ce regulatorul de tensiune (R_2) acționează după o lege de tip *PI*. Elementele de execuție sînt de același tip în ambele bucle de reglare, și anume, redresoare comandate cu tiristoare (RED_1 și RED_2).

automatizarea unui grup termoenergetic, soluție tehnică prin care se asigură conducerea corectă a procesului termic, aprinderea și supravegherea automată a flăcării, protecții automate și semnalizări de preavarie și avarie, reglări automate convenționale pentru principalele mărimi (debit de apă de alimentare, sarcina cazanului, controlul combustiei cu corecție după O_2 din gazele arse, depresiunea în focar, temperatura aburului prin comanda purjării cu condens, nivelul în preîncălzitoarele din turbină etc.) a ansamblului format cazan-turbină. Pentru exemplificare se consideră cazanul de abur de 120 t/h, 100 at, 540°C, cu combustibil gaz metan și păcură, care alimentează o turbină de 12 MW cu prize de termoficare. Cazanul, împreună cu aparatura de automatizare sînt prezentate în fig. A.60, în care: *1* este regulatorul

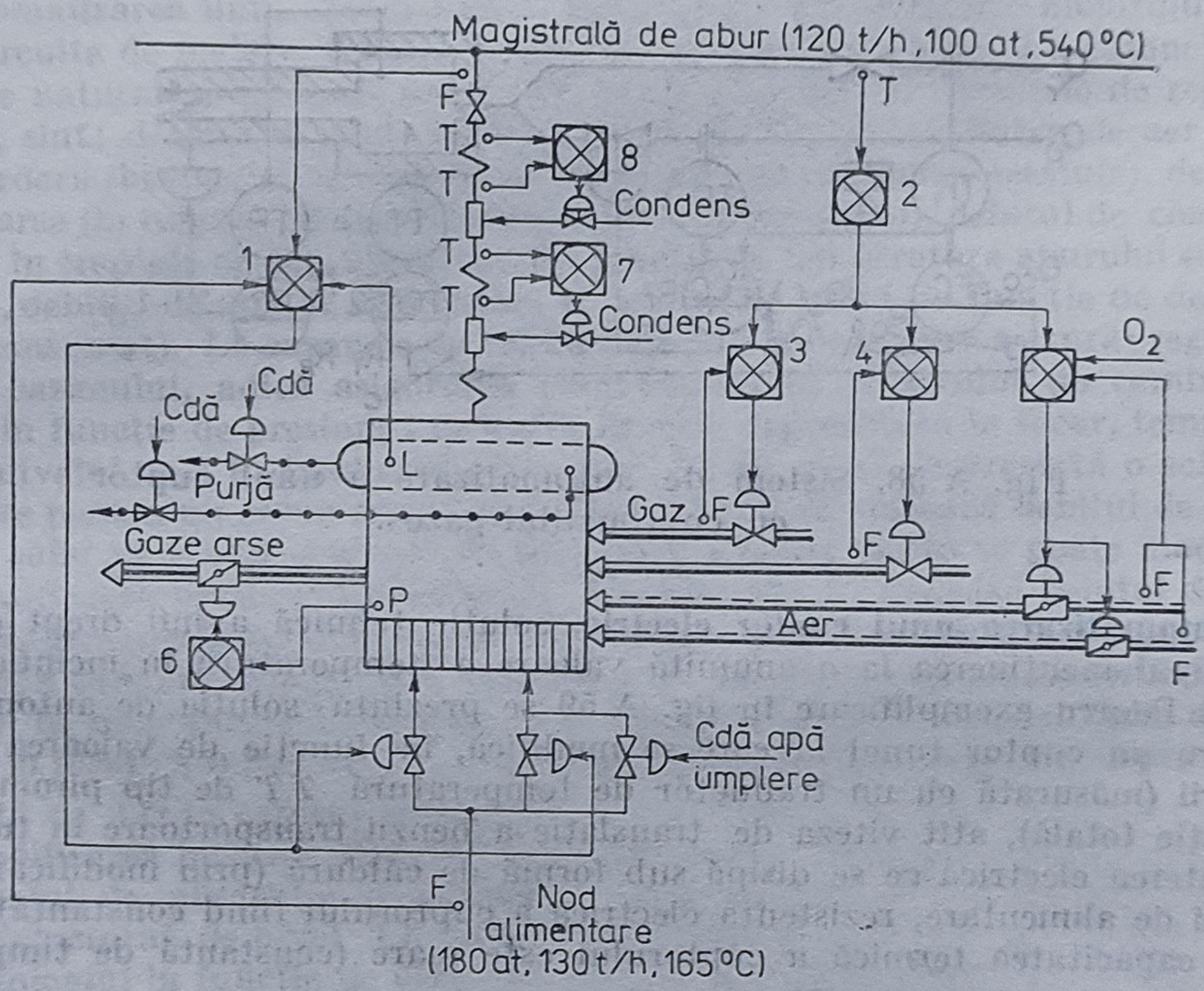


Fig. A.60. Sistem de automatizare a cazanului la un grup termoenergetic.

pentru alimentarea cu apă; *2* — regulatorul principal pentru sarcină; *3*, *4* — regulatoare pentru debitele de gaz și, respectiv păcură; *5* — regulatorul pentru debitul de aer; *6* — regulatorul pentru depresiunea în focar; *7*, *8* — regulatoare ale temperaturii aburului viu, iar în fig. A.61 se prezintă turbina și instalația de automatizare aferentă. Ca distribuție generală, aparatura de automatizare se află local (traductoare, convertoare, elemente de acționare), într-un dulap, situat în frontul operativ (sala cazanelor și, respectiv sala mașinilor), ce conține în special aparatură de semnalizare și indicare, și în camera de comandă (în care sînt dispuse regulatoarele automate, aparate de înregistrare și indicare, aparatura de comandă manuală la distanță etc.)

automatizarea unui reactor nuclear, soluție tehnică pentru controlul automat al reacției de fisiune nucleară. În fig. A.62 se prezintă o structură de reactor nuclear format dintr-un recipient *R* cu material fisionabil, un schimbător de căldură *SC* în circuitul căruia se află turbina *T*, condensatorul

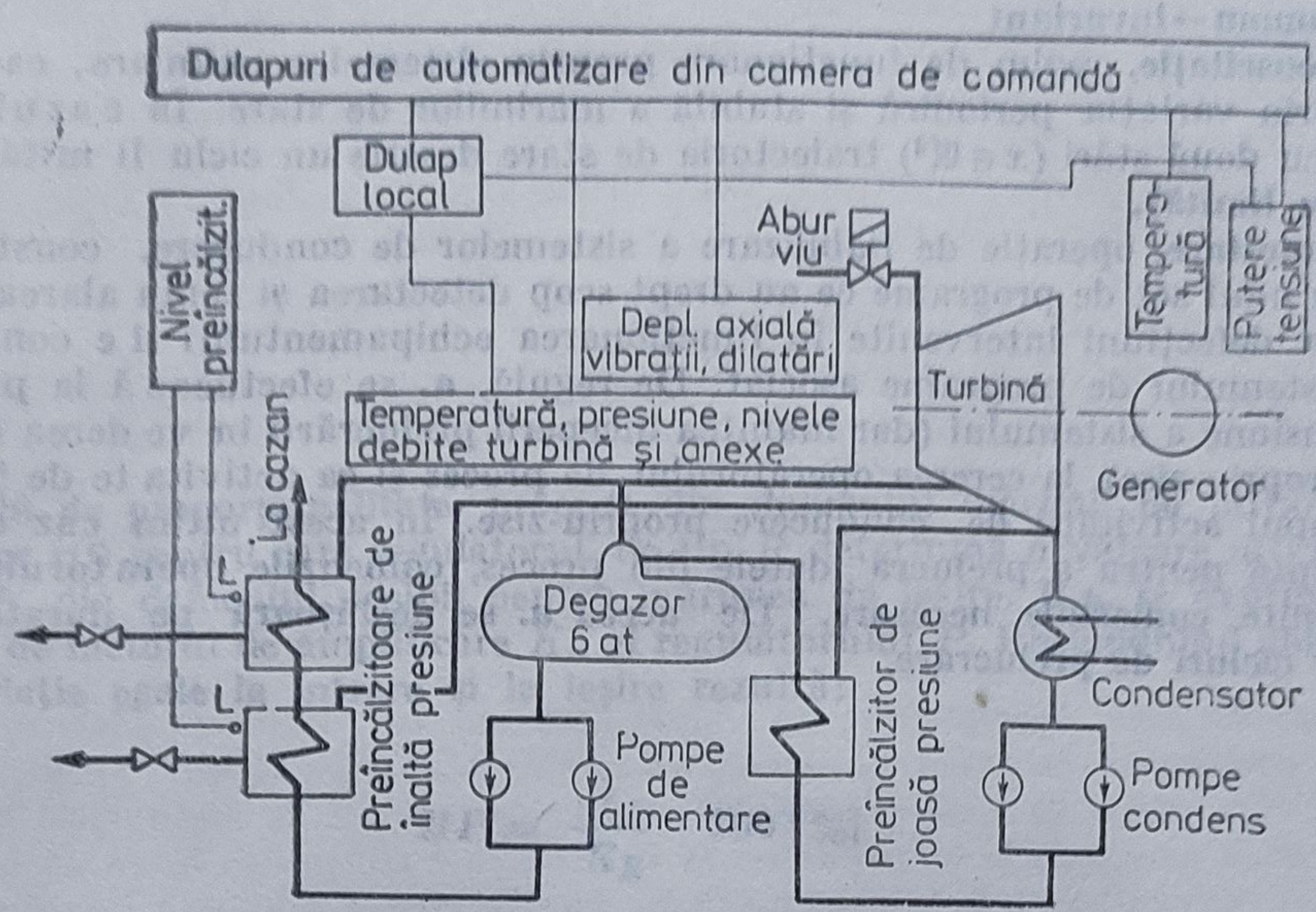


Fig. A.61. Sistem de automatizare a turbinei la un grup termoenergetic.

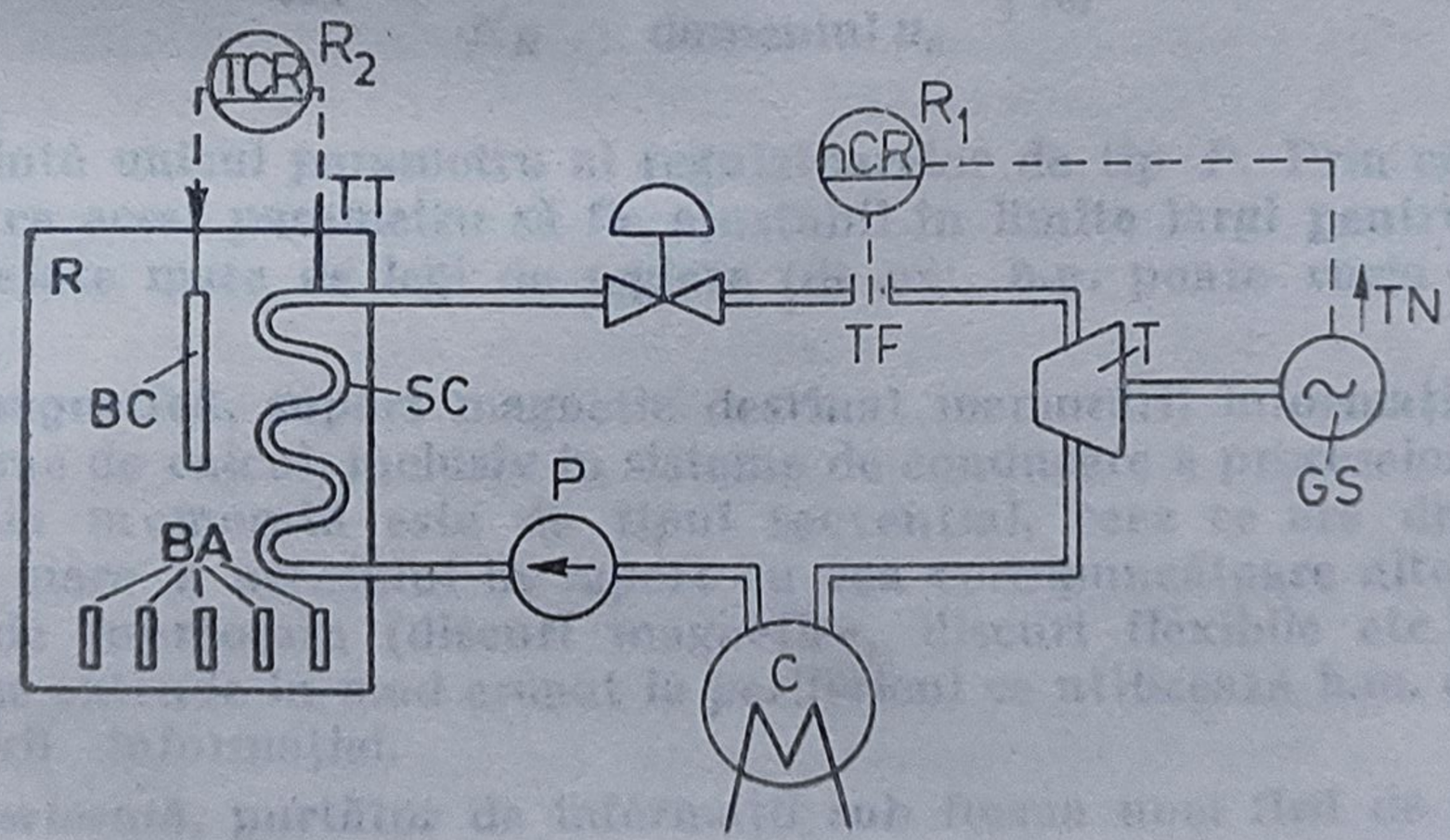


Fig. A.62. Sistem de automatizare a unui reactor nuclear.

C și pompa *P*. Turbina acționează generatorul sincron *GS*. Principalul parametru al instalației este temperatura în *SC*, proporțională cu numărul fisiunilor, a cărei valoare se menține la cea necesară prin poziționarea adecvată a barelor de captare *BC*, din cadmiu, care stabilizează fluxul de neutroni produși de barele active de uraniu *BA*. Principala perturbație o constituie debitul de abur admis de turbină, în funcție de sarcina *GS*. O scădere a turației (măsurată de *TN*) provoacă o creștere a debitului de abur măsurată de *TF* și comandată de regulatorul R_1, iar aceasta duce la o modificare a temperaturii (măsurată de *TT*) ce are ca efect deplasarea barelor de captare din reactor.

autonom→invariant

autooscilaţie, regim de funcţionare propriu sistemelor neliniare, caracterizat prin variaţia periodică şi stabilă a mărimilor de stare. În cazul sistemelor cu două stări ($x \in \mathbb{R}^2$) traiectoria de stare descrie un ciclu limită stabil (→**ciclu limită**).

autotestare, operaţie de fiabilizare a sistemelor de conducere, constînd în rularea unui set de programe ce au drept scop detectarea şi semnalarea eventualelor defecţiuni intervenite în funcţionarea echipamentului de conducere şi a sistemului de programe asociat. De regulă, **a.** se efectuează la punerea sub tensiune a sistemului (dar înaintea începerii prelucrării în vederea conducerii propriu-zise), la cererea operatorului de proces şi ca activitate de fundal, pe timpul activităţii de conducere propriu-zise. În acest ultim caz **a.** este întreruptă pentru a prelucra datele din proces, comenzile operatorului etc. şi a emite comenzile necesare. De aceea **a.** se desfăşoară pe durata mai multor cicluri de prelucrare.

bandă de proporţionalitate, procent din domeniul mărimii de intrare în regulator $\varepsilon(t)$ pentru care regulatorul de tip P determină o valoare $u(t)$ egală cu 100 % din domeniul posibil pentru mărimea de ieşire. **B.p.** se exprimă în funcţie de factorul de amplificare K_R al regulatorului P. Presupunînd domenii de variaţie egale la intrare şi la ieşire rezultă:

$$BP = \frac{1}{K_R} \cdot 100\,[\%]$$

Dacă domeniul de variaţie a mărimii $\varepsilon(t)$ diferă de cel al lui $u(t)$, atunci **b.p.** este determinată de relaţia:

$$BP = \frac{100}{K_R} \cdot \frac{\text{domeniul } \varepsilon}{\text{domeniul } u_c}\,[\%]$$

B.p. reprezintă unicul parametru al regulatoarelor de tip P. Prin construcţie se prevede ca acest parametru să fie ajustabil în limite largi pentru a satisface o varietate mare de legi de reglare (de ex., **b.p.** poate varia între 2% şi 200%).

bandă magnetică, suport magnetic destinat memorării informaţiilor utilizate în sisteme de calcul, inclusiv în sisteme de conducere a proceselor. Accesul la informaţia memorată este de tipul secvenţial, ceea ce are drept efect durata mai mare a accesului în raport cu cea corespunzătoare altor sisteme magnetice de memorare (discuri magnetice, discuri flexibile etc.). Uneori denumirea se extinde în mod eronat la perifericul ce utilizează **b.m.** ca suport al memorării informaţiei.

bandă perforată, purtător de informaţii sub forma unei fîşii de hîrtie de dimensiuni tipizate, în care se pot ştanţa găuri, utilizat pentru introducerea datelor în sisteme numerice de conducere (cu sau fără calculator) a proceselor industriale. **B.p.** este obţinută în urma executării unui program, prin cuplarea calculatorului cu un perforator de bandă. Datele sînt reprezentate pe bandă printr-o înşiruire de caractere, codificate sub formă de perforaţii circulare dispuse în poziţii predeterminate. Lăţimi standard pentru **b.p.**: 17,4 mm (11/16 ţoli), pentru banda cu 5 piste, şi 25,4 mm (1 ţol), pentru banda cu 8 piste. Codificarea **b.p.** se poate face: longitudinal, atunci cînd se codifică separat fiecare pistă în parte, lungimea unui bloc de date este dată de lungimea celui mai mare număr codificat pe bandă; transversal, în cazul în care combinaţiile de perforaţii, considerate perpendicular pe direcţia de antrenare

a **b.p.**, luate împreună, formează un caracter. Citirea **b.p.** se poate face cu cititori electromecanici (oferind viteze de citire 7—70 caractere/s) sau fotoelectrici (70—500 caractere/s). La citirea serie, fiecare caracter este considerat ca o unitate informațională. Un bloc de date se citește caracter după caracter, serial. La citirea paralel, fiecare bloc de date este considerat ca o unitate de informație, toate caracterele fiind citite simultan. **B.p.** se confecționează din hîrtie sau material plastic, cașerat pe ambele fețe cu folii metalice (cînd mediul industrial este dificil — de ex., la comanda numerică a mașinilor unelte).

barieră de siguranță, circuit electric (electronic) inclus în echipamentele de automatizare destinate să funcționeze în medii cu pericol de explozie, în scopul eliminării posibilității de declanșare a exploziei în caz de defecte (scurtcircuite, întreruperi de circuit etc.). **B.s.** sînt realizate, de regulă, cu elemente pasive, siguranțe fuzibile, rezistențe, diode, diode Zener, în montaje care reduc puterea asociată semnalelor electrice aferente elementelor situate în mediul cu pericol de explozie.

bază de date, configurație de valori fixe sau variabile ce constituie informația prelucrată de către un sistem de conducere destinat unei aplicații date. **B.d.** poate diferi în mod substanțial de la un sistem de conducere la altul, chiar dacă programele ce prelucrează informațiile conținute în ea sînt relativ aceleași. Organizarea **b.d.** determină în mod esențial eficiența de prelucrare a datelor.

bibliotecă de programe, colecție de programe de uz general, disponibile proiectantului unui sistem de conducere în vederea utilizării lor drept componente ale sistemului de programe, cu care este dotată aplicația respectivă. Din programele conținute în mod curent de către **b.p.** se menționează: subrutinele de efectuare a operațiilor aritmetice, de evaluare a valorilor unor funcții matematice, de optimizare statică (utilizînd diverși algoritmi: gradient, gradient conjugat, Powell etc.).

binar, termen referitor la o variabilă sau funcție ce poate lua valori în mulțimea de cardinal 2. De regulă, mulțimea valorilor este formată din elementele *0* și *1*; deși abstracte, aceste elemente sînt asociate unor nivele de tensiune (de ex., 0 V și 5 V), unor stări (deschis sau închis) etc.

binom de reglare, expresie a abaterii de frecvență utilizată în reglarea automată frecvență-putere: $\Delta f_r' = \Delta f_r + \frac{1}{\lambda} \Delta P_s$, unde Δf_r este abaterea frecvenței reglate față de frecvența de consemn; ΔP_s este abaterea puterii de schimb pe linia de interconexiune față de valoarea de consemn, iar λ este energia reglantă a sistemului, exprimată în MW/Hz.

bit, unitate de măsură a informației, utilizată pentru reprezentarea în formă numerică a acesteia. De cele mai multe ori **b.** i se asociază sensul de cifră binară (0 sau 1); prin combinații ale acestora se exprimă fie un număr, fie o stare. Exemple: **b.** de start, **b.** de stop, **b.** ce precede și, respectiv încheie **b.** transmiși sau recepționați serial și reprezentînd un anumit caracter; **b.** de paritate, **b.** care are valoarea 0 sau 1 astfel încît, pe ansamblu, numărul de **b.** unu ai unui cuvînt să fie par (paritate cu soț) sau impar (paritate fără soț).

bloc, grup de caractere (simboluri, locații de memorie), care permite ordonarea, înmagazinarea, implementarea și prelucrarea informației în formă discretă. **B.** pot fi de lungime fixă sau variabilă. Administrarea memoriei

pe bază de **b.** implică alocarea unui **b.** la crearea unei structuri de date. **B.** *de date* reprezintă zona unui program care concentrează datele utilizate în program; **b.** *de memorie* este un subsistem al memoriei interne prevăzut cu circuite proprii de comandă şi acces, care îi asigură o funcţionare independentă; **b.** *aritmetic* este o unitate aritmetică de calcul; **b.** *de comandă* este acel dispozitiv care asigură funcţiile de elaborare a comenzilor într-o structură complexă de conducere.

burduf, element elastic de forma unui tub cilindric, prevăzut cu ondulaţii pe suprafaţa laterală, utilizat în construcţia aparaturii de comandă şi reglare pneumatică, datorită sensibilităţii mari pe care o prezintă. **B.** asociate cu arcuri asigură în plus condiţii de liniaritate, precizie şi fidelitate.

byte → octet.

C

calculator analogic, sistem de calcul utilizat în rezolvarea de ecuații diferențiale, în care una din variabilele independente esențiale este timpul. Numele se datorește faptului că pentru efectuarea calculelor se utilizează dispozitive care operează cu mărimi avînd variații continue analoage cu cele modelate. În principal **c.a.** sînt construite în jurul unor module realizate cu ajutorul amplificatoarelor operaționale care, prin configurații corespunzătoare ale impedanțelor de intrare și de reacție, se comportă ca elemente de integrare, de întîrziere etc. Prin combinarea acestor amplificatoare operaționale cu reacție se pot simula sisteme dinamice, teoretic oricît de complexe. Obținerea soluțiilor ecuațiilor diferențiale ce le descriu devine echivalentă cu integrarea în timp a semnalelor ce reprezintă variabilele dependente ale sistemului. Prin alte elemente constructive se pot realiza blocuri neliniare, care lărgesc gama de probleme ce pot fi rezolvate cu **c.a.** Din dificultățile de utilizare ale **c.a.**

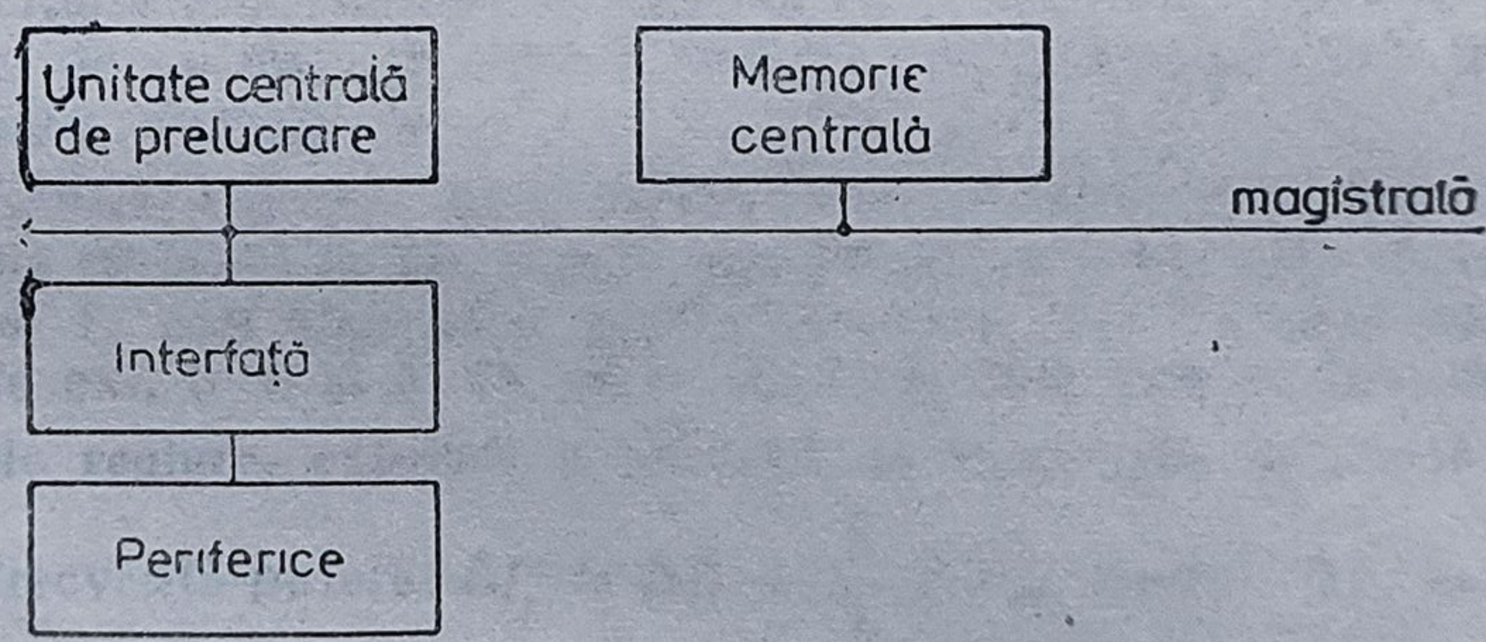


Fig. C.1. Structura unui calculator numeric.

se menționează limitarea superioară a numărului de blocuri (30—50), scalarea variabilelor pentru diversele puncte ale schemei de calcul rezultate, existența derivei în timp și cu temperatura a amplificatoarelor utilizate.

calculator numeric, sistem de calcul destinat soluționării unor probleme complexe, constînd din operații aritmetice, logice, colectare de date, stocarea acestora, editarea de rapoarte etc. În toate aceste operații se folosesc componente numerice, iar datele, deși uneori reprezintă valori analogice, sînt prelucrate și memorate în formă numerică. **C.n.** are certe avantaje asupra calculatorului analogic (→**calculator analogic**): precizia teoretică oricît de mare, posibilitatea de stocare pe timp nelimitat a datelor, independența rezultatelor de variația în limite rezonabile a tensiunilor de alimentare și a temperaturii mediului ambiant, reproductibilitatea rezultatelor, posibilitatea de operare cu un volum teoretic nelimitat de date. Structural **c.n.** are aspectul

din fig. C.1. Unitatea centrală de prelucrare este cea care efectuează toate operațiile aritmetice și logice în cadrul c.n. Ea comunică cu restul sistemului prin intermediul magistralei, pe care transferul de informații este de tipul paralel. Programul sau programele aflate în execuție sînt memorate în memoria centrală. Tot aceasta servește pentru păstrarea datelor cu caracter temporar, necesare programelor în execuție, ca și a acelor programe și date necesare **→sistemului de operare.** Comunicația cu lumea externă se realizează prin intermediul perifericelor (**→periferice generale**), conectate la magistrală prin intermediul interfeței. Cu ajutorul perifericelor se pot da comenzi sistemului de către operator, se pot încărca în memoria centrală programele nerezidente, se pot stoca sau afișa informații.

calculatorul de proces, sistem de calcul folosit în conducerea proceselor industriale, apărut în jurul anilor '60. **C.p.** a fost creat prin adăugarea la un sistem de calcul universal (**→calculator numeric**) a unui **→sistem de interfață** care adaptează natura semnalelor, în esență analogice, prezente în cadrul procesului industrial condus, la cea numerică necesară funcționării calculatorului numeric. În prezent, **c.p.** ca atare se utilizează din ce în ce mai rar, ca urmare a unor dezavantaje economice și tehnice față de **→sistemele de conducere** realizate cu microprocesoare.

calibrare, operație de comparare a unui aparat, traductor, element de măsurare cu un etalon, cu scopul de determinare, ajustare sau verificare a caracteristicii intrare-ieșire. La aparatele de măsurat indicatoare **c.** inițială are drept scop gradarea scării. **C.** se efectuează și în timpul exploatării mijloacelor de măsurat la intervale de timp impuse de precizia de măsurare necesară și de particularitățile constructive și funcționale ale aparatelor. **C.** fiecărui tip de aparat de măsurat trebuie făcută cu un etalon corespunzător ca precizie și interval de măsurare. Etalonul cu care se face comparația trebuie să fie de o precizie sensibil superioară celei a aparatului supus **c.** În general, raportul erorilor tolerate aparat—etalon variază între 1:2,5 și 1:10.

canal de comunicație, totalitatea mijloacelor (aparatură și mediu) destinate transmiterii informației între intrare (sursa de informație) și ieșire (receptor). Din punctul de vedere al caracterului informației la intrare și la ieșire, **c. de c.** sînt canale continue și canale discrete. Principalele caracteristici ale unui canal continuu sînt: banda de transmisie, caracteristica de amplitudine și de fază în banda de transmisie, puterea maximă și medie admisibilă pentru semnalele transmise, natura și caracteristicile zgomotului, siguranța în funcționare, capacitatea informațională a canalului. Canalele discrete se caracterizează printr-un alfabet de simboluri de intrare x_i, $i = 1, m$, un alfabet de simboluri de ieșire y_j, $j = 1, m$, numărul de simboluri ce se transmit prin canal în unitatea de timp și probabilitatea condiționată $p(y_j/x_i)$ de apariție la ieșire a simbolului y_j cînd la intrare a fost simbolul x_i. Dacă pentru fiecare pereche i și j probabilitatea $p(y_j/x_i)$ rămîne constantă, adică nu depinde de timp și de natura semnalelor transmise anterior, canalul se numește canal discret staționar fără memorie. Dacă probabilitatea depinde de timp, canalul este nestaționar, iar dacă depinde de natura semnalelor transmise anterior se numește canal cu memorie. **C. de c.** *binar* este un canal discret avînd un alfabet de două simboluri {0, 1}, atît la intrare cît și la ieșire. **C. de c.** *simetric* este canalul care la fiecare simbol din alfabetul de intrare este transformat într-un număr finit de simboluri la ieșire, cu același set de probabilități, indiferent de simbolul aplicat la intrare. **C. de c.** *uniform față de intrare* este canalul prin care orice simbol din alfabetul de intrare este

perturbat în egală măsură. La un canal uniform față de intrare fiecare linie din matricea de zgomot se obține prin permutarea aceluiași set de numere. **C. de c.** *uniform față de ieșire* este canalul la care fiecare coloană din matricea de zgomot se obține prin permutarea aceluiași set de numere, deci la care un simbol la ieșire poate proveni din același număr de simboluri de la intrare. **C. de c.** *uniform* este un canal uniform față de intrare și față de ieșire.

cantitate de informație 1. numărul simbolurilor fizice utilizate într-o operație de prelucrare sau transmisie a informației. 2. **→debit de informație.**

capacitatea canalului, valoarea maximă a informației transmise pe canal (**→transinformație**):

$$C = max\ I(X,\ Y) = max[H(X) - H(X/Y)]$$

C.c. se măsoară în biți. Există însă și posibilitatea definirii capacității canalului prin raportare la timp:

$$C_t = \frac{C}{\tau} = \frac{\max I(X, Y)}{\tau}$$

unde τ este durata medie a unui simbol, situație în care **c.c.** se exprimă în biți/s.

capacitatea memoriei, volumul informației ce poate fi stocat în memoria unui sistem. De regulă, **c.m.** se exprimă în număr de biți, în număr de cuvinte sau în număr de blocuri. Întrucît numărul de cuvinte al circuitelor de memorie este o putere a lui 2, și anume 2^n, unde n este numărul liniilor magistralei de adrese aferente circuitului, se obișnuiește a se considera ca unitate de măsură a **c.m.** numărul de 1024 cuvinte, notată 1K. De asemenea, pentru definirea **c.m.** a unui circuit se specifică și numărul de biți ai cuvîntului, de ex., 1K × 4, 2K × 8 etc.

capsulă pneumatică, element elastic alcătuit din două membrane prevăzute cu ondulații, sudate între ele, utilizat ca element sensibil pentru traductoarele de presiune. Sensibilitatea **c.p.** este mai mare decît aceea a unei singure membrane.

caracter, simbol folosit pentru organizarea, controlul sau reprezentarea informațiilor. Caracterele sînt: litere, cifre, semne de punctuație sau alte simboluri.

caracteristică imaginară de frecvență, dependența părții imaginare a funcției de transfer de pulsația ω. Se exprimă pe baza caracteristicilor amplitudine-pulsație și fază-pulsație a sistemului în circuit închis, în forma:

$$Q(\omega) = H_0(\omega) \sin \varphi_0(\omega)$$

C.i. de f. a unui sistem închis poate fi determinată grafic, pe baza hodografului sistemului deschis, utilizînd diagramele circulare de Q = const. **C.i. de f.** permite determinarea răspunsului pondere

$$h(t) = -\frac{2}{\pi}\int_0^\infty Q(\omega) \sin \omega t\ d\omega \qquad t > 0$$

și a răspunsului indicial

$$y(t) = P(0) + \frac{2}{\pi}\int_0^{\infty} \frac{Q(\omega)}{\omega} \cos t\, d\omega \qquad t > 0$$

unde $P(0)$ este valoarea părții reale a funcției de transfer $H_0(j\omega)$ pentru $\omega = 0$.

caracteristică modul-fază (hodograf), transformarea prin $H(s)$ a conturului Nyquist asociat acestei funcții de transfer, reprezentarea făcîndu-se în planul complex al funcției $H(s)$. Deoarece $H(s)$ este o funcție rațională reală (cu coeficienți reali) rezultă că

$$H(s) = \overline{H(\bar{s})}$$

unde $(\overline{\cdot})$ indică conjugarea complexă, fiind suficient deci să se transforme porțiunea din contur situată în semiplanul superior, după care aceasta se simetrizează față de axa reală, obținîndu-se complet hodograful. Pentru a ilustra modul de construcție a **c.m-f.** fie cazul unei funcții de transfer $H(s)$ avînd distribuția de poli reprezentată în fig. C.2, în care s-a particularizat și conturul Nyquist. Transformarea conturului se face prin transformarea porțiunilor sale tipice:

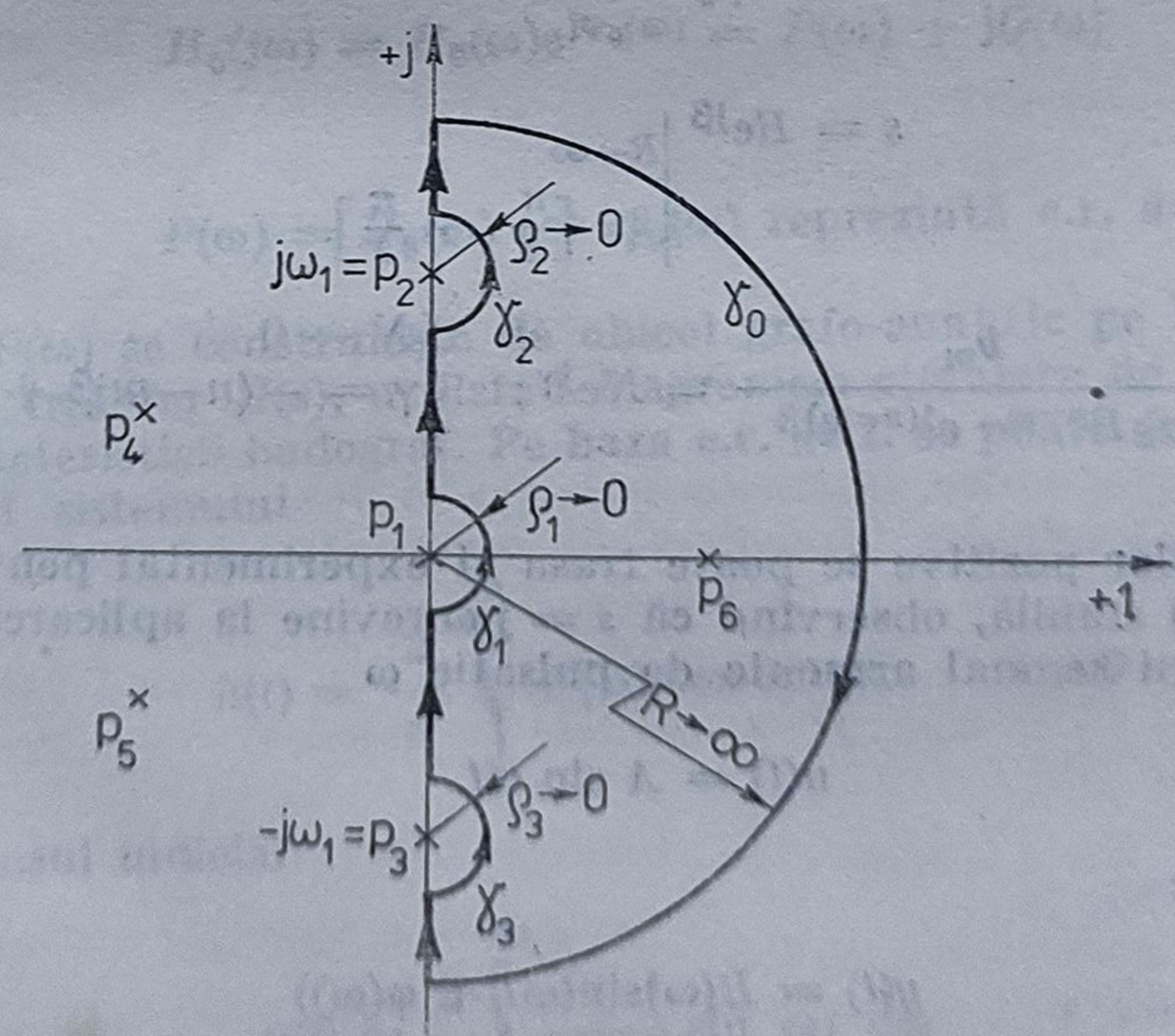


Fig. C.2. Conturul Nyquist pentru trasarea analitică a hodografului.

a) **axa imaginară:**

$$s = j\omega;\ \omega \in (0, +\infty) \setminus \{\omega_1\};\ H(s)|_{s=j\omega} = H(j\omega) = U(\omega) + jV(\omega)$$

b) conturul γ_1:

$$s = \rho_1 e^{j\theta};\ \rho_1 \to 0;\ \theta \in \left[-\frac{\pi}{2},\ +\frac{\pi}{2}\right]$$

$$H(s) = \frac{b_m s^m + \ldots + b_1 s + b_0}{s^\alpha (a_n s^{n-\alpha} + a_{n-1} s^{n-\alpha-1} + \ldots + a_{\alpha+1} s + a_\alpha)}$$

care pentru s specificat devine

$$H(\rho_1 e^{j\theta})\,|_{\rho \to 0} \simeq \frac{b_0}{a_\alpha \rho_1^\alpha e^{j\alpha\theta}} = M_1 e^{j\varphi};\ \begin{cases} M_1 = \left|\dfrac{b_0}{a_\alpha}\right| \dfrac{1}{\rho_1^\alpha} \to \infty \\ \varphi = -\alpha\theta + \arg\left(\dfrac{b_0}{a_\alpha}\right) \end{cases}$$

c) conturul γ_2

$$s = j\omega_1 + \rho_2 e^{\alpha j} \left|\begin{array}{l} \rho_2 \to 0 \\ \alpha \in \left[-\frac{\pi}{2},\ +\frac{\pi}{2}\right] \end{array}\right. \qquad \text{și } H(j\omega_1 + \rho_2 e^{j\alpha}) \cong M_2\ e^{\ \psi}$$

aproximare făcută în ideea că $\rho_2 \to 0$

d) conturul γ_0:

$$s = Re^{j\beta} \left|\begin{array}{l} R \to \infty \\ \beta \in \left[\frac{\pi}{2},\ -\frac{\pi}{2}\right] \end{array}\right.$$

$$H(Re^{j\beta}) \simeq \frac{b_m}{a_n R^{n-m} \cdot e^{j(n-m)\beta}} = Ne^{j\gamma};\ \begin{cases} N \to 0 \\ \gamma = -(n-m)\beta + \arg\left(\dfrac{bm}{a_n}\right) \end{cases}$$

Ramura pulsațiilor pozitive se poate trasa și experimental pentru o funcție de transfer $H(s)$ stabilă, observînd că $s = j\omega$ revine la aplicarea în intrarea sistemului a unui semnal armonic de pulsație ω

$$u(t) = A \sin \omega t$$

cînd ieșirea este

$$y(t) = B(\omega)\sin(\omega t + \varphi(\omega))$$

obținîndu-se

$$|H(j\omega)| = \frac{B(\omega)}{A} \qquad \text{(modulul)}$$

$$\arg H(j\omega) = \varphi(\omega) \qquad \text{(faza)}$$

Pe baza acestor două elemente se poate trasa prin puncte (la diverse valori ale pulsației ω) ramura pulsațiilor pozitive a hodografului (fig. C.3).

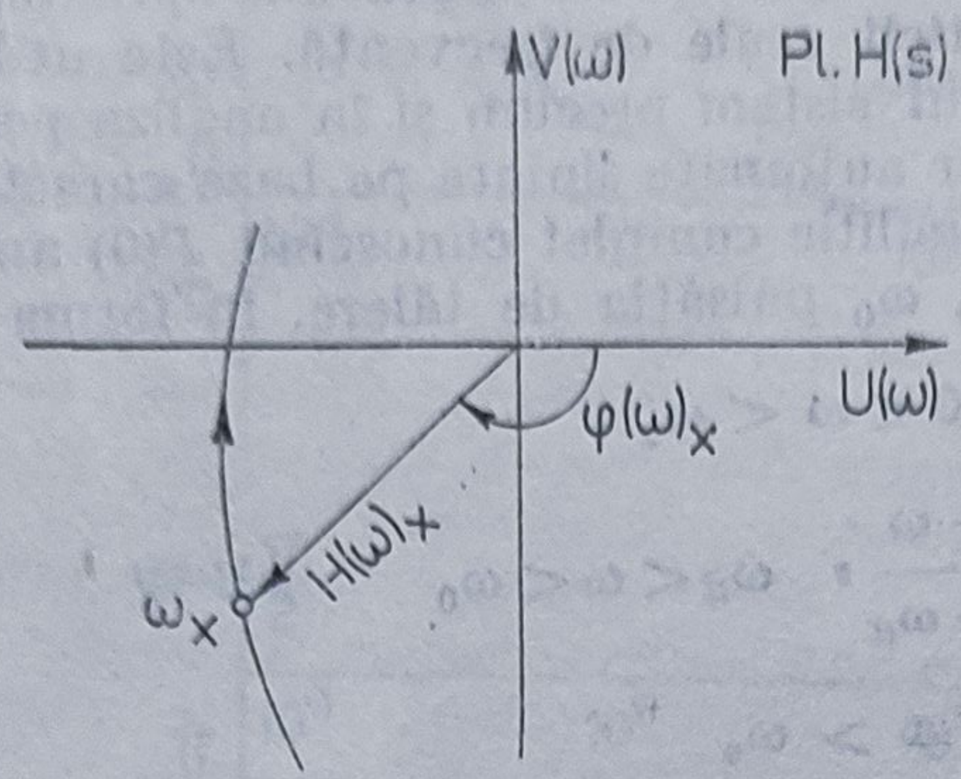


Fig. C.3. Reprezentarea tipică modul-fază.

caracteristică modul-pulsație, dependența de pulsație a modulului funcției de transfer. Se utilizează în special **c.m.p.** a sistemului în circuit închis

$$H_0 = H_0(\omega) = |H_0(j\omega)|$$

Este utilă pentru evidențierea pulsației de rezonanță, a pulsației de bandă, precum și a performanțelor tranzitorii ale sistemului automat.

caracteristică reală de frecvență, dependența părții reale a funcției de transfer de pulsația ω. În mod curent se utilizează numai **c.r. de f.** a sistemului în circuit închis, adică a funcției de transfer $H_0(s)$; pentru $s = j\omega, \omega \in [0, +\infty)$ rezultă

$$H_0(j\omega) = H_0(\omega)e^{j\varphi_0(\omega)} = P(\omega) + jQ(\omega)$$

și deci

$$P(\omega) = H_0(\omega) \cos \varphi_0(\omega) \text{ reprezintă } \textbf{c.r. de f.}$$

C.r. de f. $P(\omega)$ se construiește de obicei grafo-analitic pe baza hodografului funcției de transfer $H(s)$, utilizînd diagramele circulare de $P =$ constant din planul caracteristicii hodograf. Pe baza **c.r. de f.** se poate determina răspunsul pondere al sistemului

$$h(t) = \frac{2}{\pi} \int_0^\infty P(\omega) \cos \omega t \, d\omega \qquad t > 0$$

sau răspunsul indicial

$$y(t) = \frac{2}{\pi} \int_0^\infty \frac{P(\omega)}{\omega} \sin \omega t \, d\omega \qquad t > 0$$

Important este faptul că toate performanțele uzuale impuse unui sistem automat se regăsesc în **c.r. de f.** Ca urmare, în sinteza clasică a sistemelor automate, prima etapă este reprezentată de transpunerea performanțelor impuse sistemului automat în **c.r. de f.**, care este astfel complet determinată, urmînd

ca pe baza ei să se deducă funcţia de transfer $H(s)$, necesară pentru satisfacerea performanţelor impuse.

caracteristică trapezoidală, reprezentare grafică obţinută din aproximarea prin segmente de dreaptă a caracteristicii reale de frecvenţă. Este utilă în determinarea răspunsului indicial al unui sistem precum şi în analiza performanţelor, respectiv în sinteza sistemelor automate liniare pe baza caracteristicilor de frecvenţă. **C.t.** este definită analitic complet cunoscînd $P(0)$ amplitudinea, ω_d pulsaţia de trecere totală, ω_0 pulsaţia de tăiere, în forma

$$P(\omega) = \begin{cases} h_0, & 0 < \omega < \omega_2 \\ h_0 \dfrac{\omega_0 - \omega}{\omega_0 - \omega_d}, & \omega_d < \omega < \omega_0 \\ 0, & \omega > \omega_0 \end{cases}$$

Cazul $P(0) = 1$, $\omega_0 = 1$ defineşte trapezul unitar (fig. C.4), răspunsul indicial al sistemului cu o asemenea caracteristică fiind:

$$y_0(t) = \frac{2}{\pi(1-x)} \left[Si\,(t) - xSi(xt) + \frac{\cos t - \cos xt}{t} \right]$$

unde $x = \dfrac{\omega_d}{\omega_0}$. Este tabelat direct acest răspuns pentru $x \in [0, 1]$.

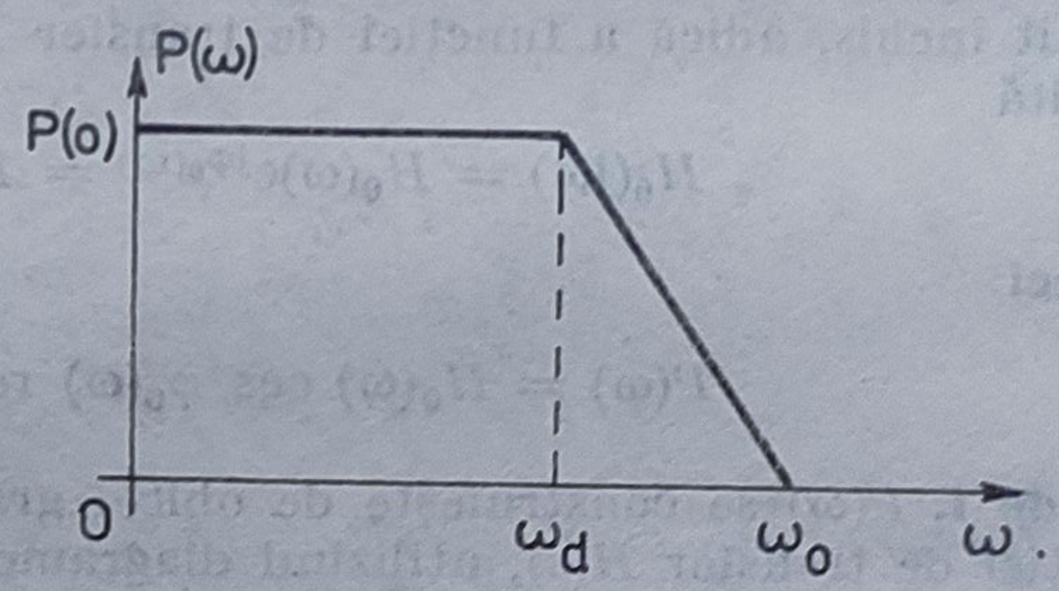


Fig. C.4. Caracteristica reală de tip trapez.

caracteristici logaritmice (atenuare-pulsaţie şi fază-pulsaţie), mod de reprezentare a ramurii de pulsaţie pozitivă din caracteristica hodograf şi anume: pentru funcţia de transfer $H(s)$ cu $s = j\omega$, $\omega \in (0, +\infty)$ se obţine

$$H(j\omega) = H(\omega)\, e^{j\varphi(\omega)}$$

din care se deduce

$$H_{dB}(\omega) \overset{\Delta}{=} 20 \lg H(\omega) \qquad \text{(caracteristica atenuare-pulsaţie)}$$

$$\varphi(\omega) = \arg H(j\omega) \qquad \text{(caracteristica fază-pulsaţie)}$$

Pentru uşurarea trasării analitice a acestor caracteristici, pe abscisă (variabila ω) se alege o scară logaritmică, rezultînd reprezentări ca în fig. C.5. Trasarea analitică se face prin sumarea **c.l.** ale elementelor standard ce compun funcţia de transfer $H(s)$.

(**→element de anticipare şi întîrziere de ordinul I, → element de anticipare şi întîrziere de ordinul II, → element integrator, → element derivativ).** Trasarea

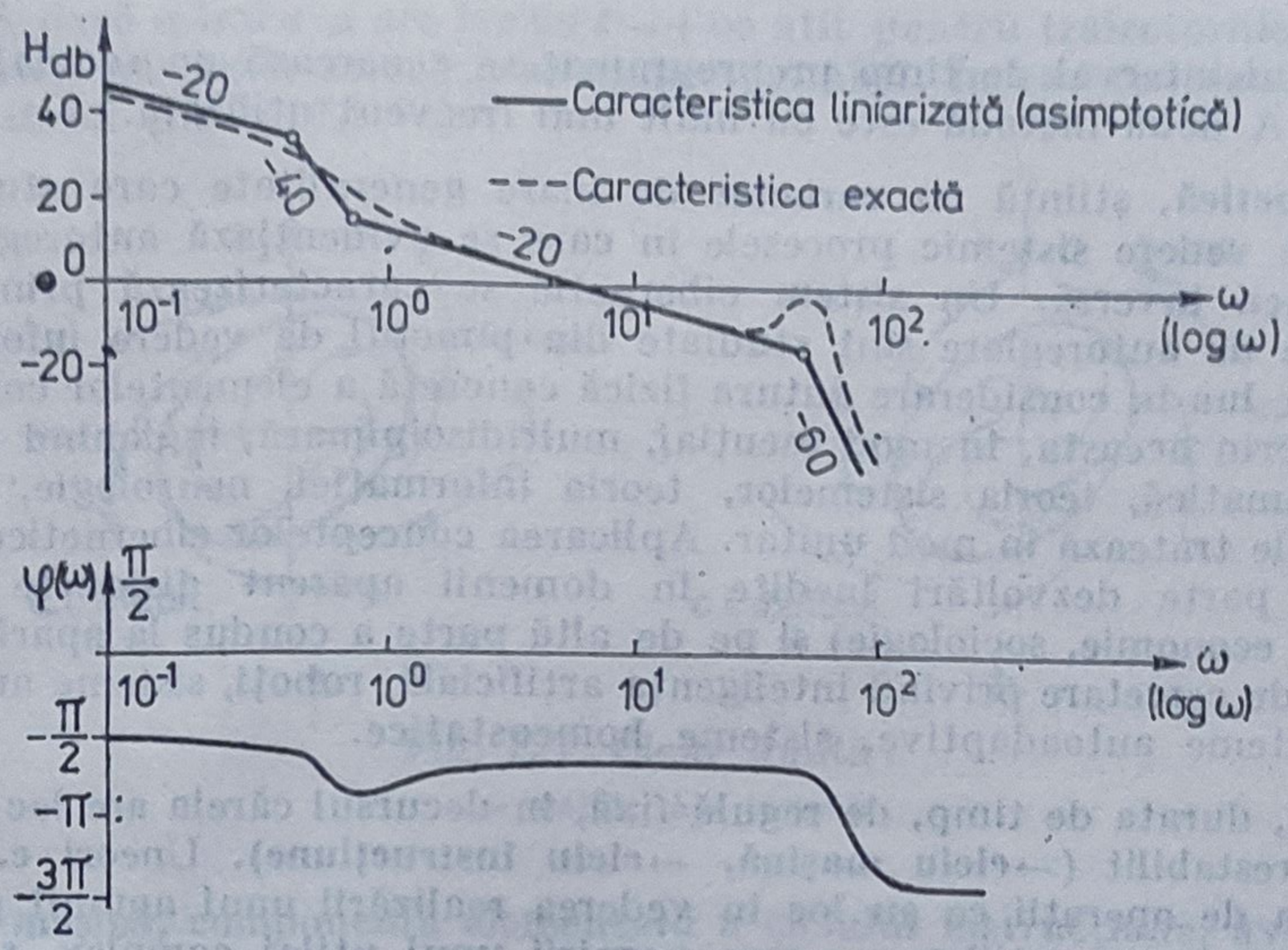


Fig. C.5. Caracteristici logaritmice.

experimentală se face pe baza datelor $H(\omega)$, $\varphi(\omega)$ deduse ca la obţinerea experimentală a hodografului.

cartelă perforată, suport al informaţiei, utilizat îndeosebi în aplicaţii informatice generale sau la pregătirea programelor, constînd într-un dreptunghi de carton cu dimensiuni standard, pe care informaţia se înscrie prin perforare. Pe o **c.p.** se pot perfora 80 coloane, fiecăreia corespunzîndu-i un caracter. Fiecare coloană are 12 rînduri.

cascada automatelor, operaţie de interconectare (grupare) a două automate: $A_1 = (U_1, X_1, Y_1, \varphi_1, \eta_1)$ şi $A_2 = (U_2, X_2, Y_2, \varphi_2, \eta_2)$ prin aplicaţiile $g: U_0 \times Y_1 \rightarrow U_2$ şi $f: U_0 \rightarrow U_1$, unde U_0 este o mulţime nevidă. Schema generală de interconectare se prezintă în fig. C.6. În cazul în care g nu depinde de U_0,

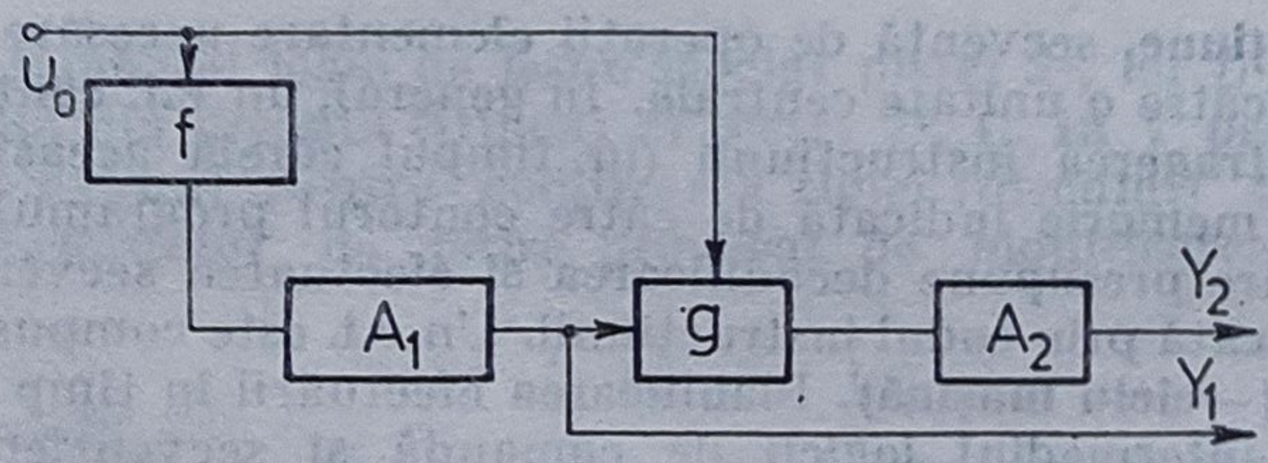


Fig. C.6. Structură de interconectare în cascadă a automatelor.

adică $g: Y_1 \rightarrow U_2$, se obţine gruparea în serie a automatelor, iar dacă g nu depinde de Y_1, adică $g: U_0 \rightarrow U_2$, se obţine gruparea în paralel a automatelor.

ceas de timp real, sistem destinat asigurării corelării între funcţionarea sistemului de conducere şi desfăşurarea evenimentelor în cadrul procesului condus. Cu ajutorul **c. de t.r.** se poate realiza fie măsurarea duratei unor intervale de timp (de ex., în cazul sistemelor cu funcţionare ciclică), fie lansarea în execuţie a anumitor programe la momente de timp bine determinate. **C. de t. r.** poate opera fie prin interogare (în care caz timpul este citit prin program), fie în conjuncţie cu sistemul de întreruperi (în care caz, la expi-

rarea unui interval de timp preprogramat se generează un semnal de întrerupere). A doua metodă este cu mult mai frecvent utilizată.

cibernetică, ştiinţă cu caracter de mare generalitate care studiază din punct de vedere sistemic procesele în care se evidenţiază autoreglarea prin conexiunea inversă. Un sistem cibernetic se caracterizează prin aceea că procesele de autoreglare sînt studiate din punctul de vedere informaţional, fără a se lua în considerare natura fizică concretă a elementelor componente. C. este prin aceasta, în mod esenţial, multidisciplinară, înglobînd cunoştinţe de matematică, teoria sistemelor, teoria informaţiei, neurologie, psihologie pe care le tratează în mod unitar. Aplicarea conceptelor cibernetice a permis pe de o parte dezvoltări inedite în domenii aparent disjuncte (biologie, tehnică, economie, sociologie) şi pe de altă parte a condus la apariţia de noi direcţii de cercetare privind inteligenţa artificială, roboţi, sisteme autoinstruibile, sisteme autoadaptive, sisteme homeostatice.

ciclu, durata de timp, de regulă fixă, în decursul căreia are loc un eveniment prestabilit (→**ciclu maşină,** →**ciclu instrucţiune**). Uneori **c.** defineşte secvenţa de operaţii ce au loc în vederea realizării unui anumit proces (de ex., secvenţa operaţiilor necesare pornirii unui utilaj complex, sau cea de apelare a programelor în cadrul unui sistem de operare cu funcţionare ciclică). →**sistem de operare.**

ciclu automat de prelucrare pe maşini-unelte, regim automat de funcţionare a maşinii-unelte în care secţiunea de comandă numerică generează, prin activarea repetată a unui subprogram unic cu date configurate de la consola operatorului, un ansamblu de comenzi de deplasare fixe ca tip şi succesiune. Exemple: cicluri de găurire, de frezat canale rectangulare, de decupare etc.

ciclu de funcţionare complet (secvenţiere completă), evoluţie a unui automat secvenţial asincron care, plecînd dintr-o stare considerată iniţială, comută succesiv într-un număr finit de stări stabile, fiecare din aceste stări corespunzînd unei situaţii reale şi necesare din condiţiile funcţionale specifice impuse automatului; ultima stare în care comută automatul este identică cu starea iniţială. Automatele cu **c. de f.c.** sînt automate particulare.

ciclu instrucţiune, secvenţă de operaţii elementare necesare execuţiei unei instrucţiuni de către o unitate centrală. În general, un **c.i.** conţine două etape importante: extragerea instrucţiunii (în timpul căreia aceasta este extrasă din locaţia de memorie indicată de către contorul programului) şi execuţia propriu-zisă, care presupune decodificarea şi efectuarea secvenţei de operaţii elementare indicată prin codul instrucţiunii. Un **c.i.** este compus din mai multe cicluri maşină (→**ciclu maşină**). Planificarea efectuării în timp a acestora este realizată prin intermediul logicii de comandă şi secvenţiere (→**microprocesor**).

ciclu limită, noţiune asociată regimului liber al sistemelor neliniare cu două stări, avînd în consecinţă traiectoriile de stare situate în $\mathbb{R}^2$. **C.l.** reprezintă o traiectorie închisă izolată, în sensul că într-o vecinătate suficient de mică a **c.l.** nu există o altă traiectorie închisă. Această izolare implică următorul comportament al traiectoriilor în vecinătatea **c.l.**: — orice traiectorie iniţializată în interiorul ciclului şi suficient de aproape de acesta se spiralează cu $t \to +\infty$ (sau $t \to -\infty$) către el; — acelaşi tip de comportament îl au şi traiectoriile iniţializate în exteriorul ciclului şi suficient de aproape de acesta. Cele două tipuri de comportamente (cu $t \to +\infty$ sau $t \to -\infty$) impun caracterul

c.l. Astfel, dacă spiralarea are loc cu $t \to +\infty$ atît pentru traiectoriile interioare cît şi pentru cele exterioare, c.l. se numeşte stabil. În caz contrar c.l. se numeşte instabil (fig. C.7.).

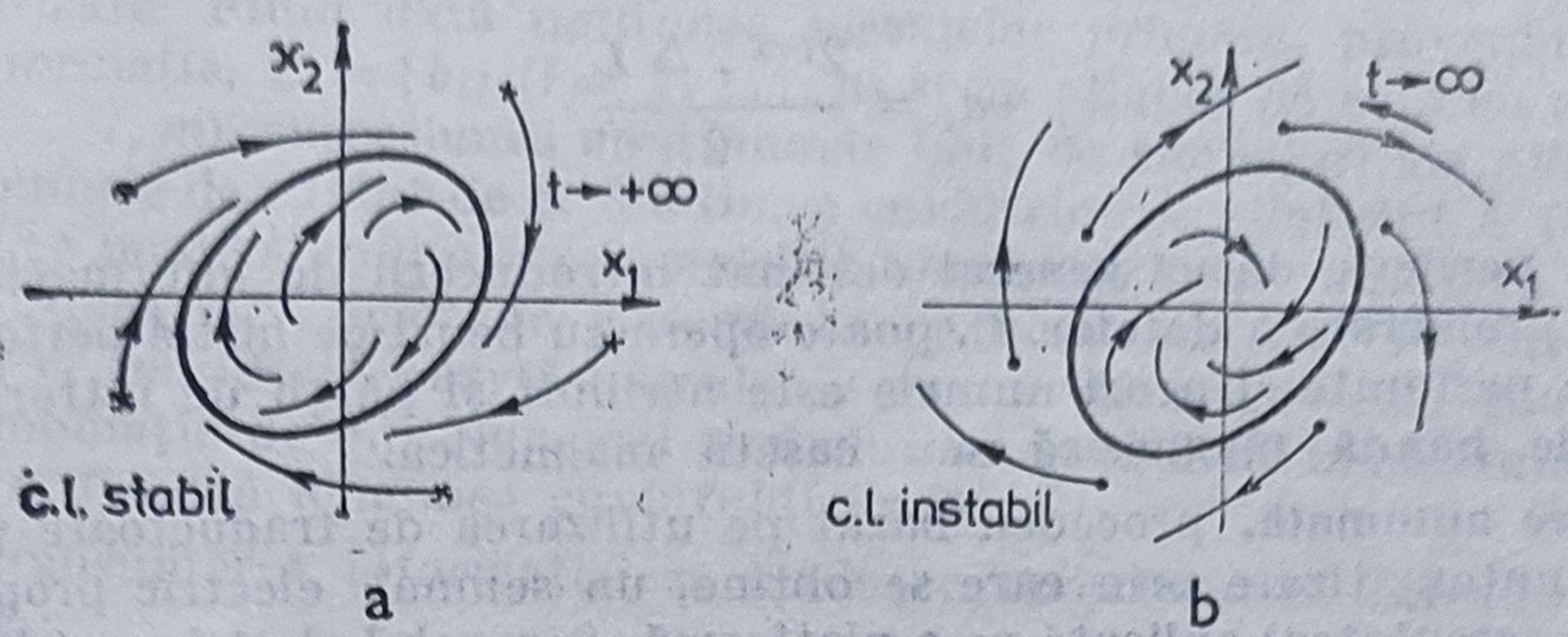


Fig. C.7. Ciclu limită:
a — stabil; b — instabil.

ciclu maşină, componentă elementară a ciclului instrucţiune, avînd o durată egală cu un multiplu al perioadei ceasului unităţii centrale, în timpul căreia se execută o anumită operaţie ce concură la execuţia instrucţiunii. Tipurile de **c. m.** depind de unitatea centrală respectivă. Pentru exemplificare se citează următoarele **c. m.**: extragerea instrucţiunii, înscriere în memorie, citire din memorie etc.

citire în V, metodă de citire a informaţiei de deplasare de la un traductor numeric absolut, caracterizată prin aceea că toate pistele riglei (discului), cu excepţia ordinului 2^0, sînt prevăzute cu cîte două puncte de citire (de ex., 2 fotoelemente), simetric aşezate în raport cu perpendiculara pe direcţia de deplasare riglă (disc)—cap de citire, şi care trece prin punctul de citire al ordinului 2^0. (fig. C.8). Dintre punctele de citire sînt active doar cîte unul pentru fiecare pistă, prin comutarea asigurată de o logică combinaţională:

$$e_i = f_{i,d}\,\bar{e}_{i-1} + f_{i,s}\,\bar{e}_{i-1}, \quad i = 1, \ldots, n-1$$

unde e_i este semnalul logic de ieşire asociat pistei 2^i, iar $f_{i,d(s)}$ este semnalu fotoelementului din dreapta (stînga) al pistei 2^i. **C. în V** permite menţinerea codului binar natural pentru codificarea riglei (discului) traductorului, cu eliminarea hazardului de citire provocat de modificarea a mai mult de

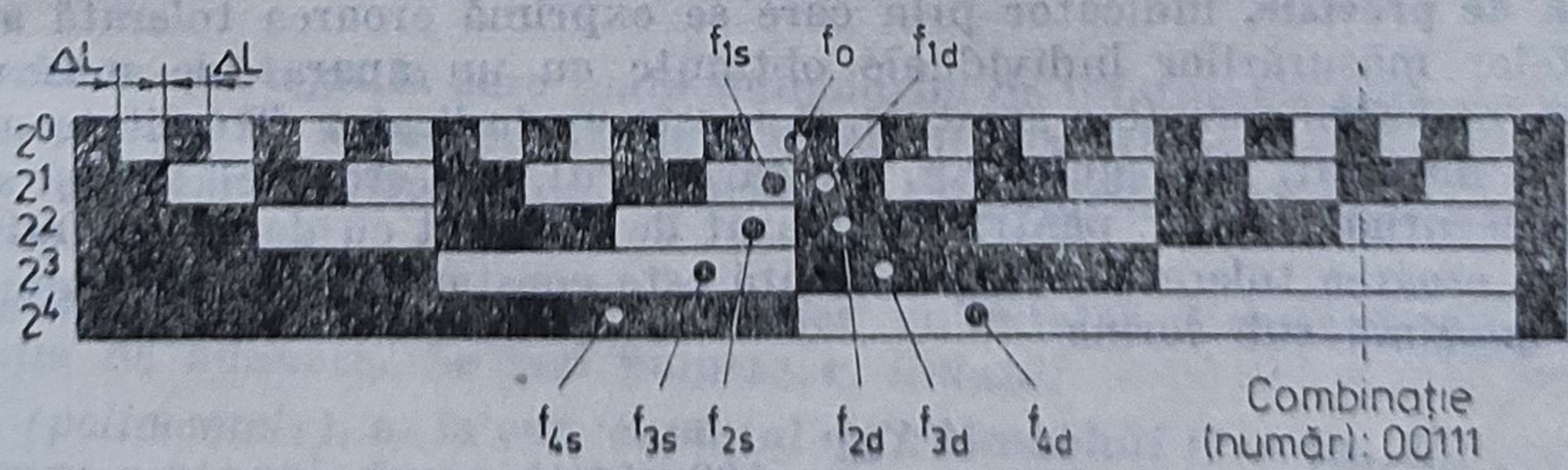


Fig. C.8. Exemplificarea metodei de citire în V.

două ranguri binare la trecerea de la o combinaţie la alta. Cele două elemente de citire asociate pistei 2^i se plasează faţă de linia mediană dată de poziţia

elementului de citire asociat pistei 2^0 la distanţa d_i, egală cu jumătate din mărimea unei diviziuni aparţinînd pistei de ordinul inferior (2^{i-1}), conform relaţiei:

$$d_i = \frac{2^{i-1} \cdot \Delta L}{2}$$

cititor, periferic de uz general destinat introducerii de informaţii într-un sistem de prelucrare a datelor. **C.** poate opera cu benzi de hîrtie perforată sau cu cartele perforate. Uneori numele este atribuit şi părţii de intrare a unei unităţi de bandă magnetică sau casetă magnetică.

cîntărire automată, procedeu bazat pe utilizarea de traductoare şi dispozitive de automatizare prin care se obţine, un semnal electric proporţional cu sarcina (greutatea) aplicată pe o platformă. Semnalul electric se transformă apoi prin adaptor în semnal unificat sau în semnal numeric (**c.a.** *numerică*). Traductoarele cele mai răspîndite la **c.a.** sînt dozele tensometrice. O altă metodă de **c.a.** este aceea a cantităţii de material transportată pe o bandă, la care de regulă se măsoară debitul instantaneu, semnalul proporţional cu acesta înregistrîndu-se pentru determinarea cantităţii totale transportate într-un interval de timp.

clapetă, organ destinat reglării debitelor de fluide ce curg prin conducte (canale) avînd secţiuni mari şi căderi de presiune în sistem relativ mici; modificarea secţiunii de trecere a fluidului se face fie prin deplasarea **c.** perpendicular faţă de curentul de fluid în mişcare, fie prin rotirea **c.** în jurul axei sale (fig. C.9).

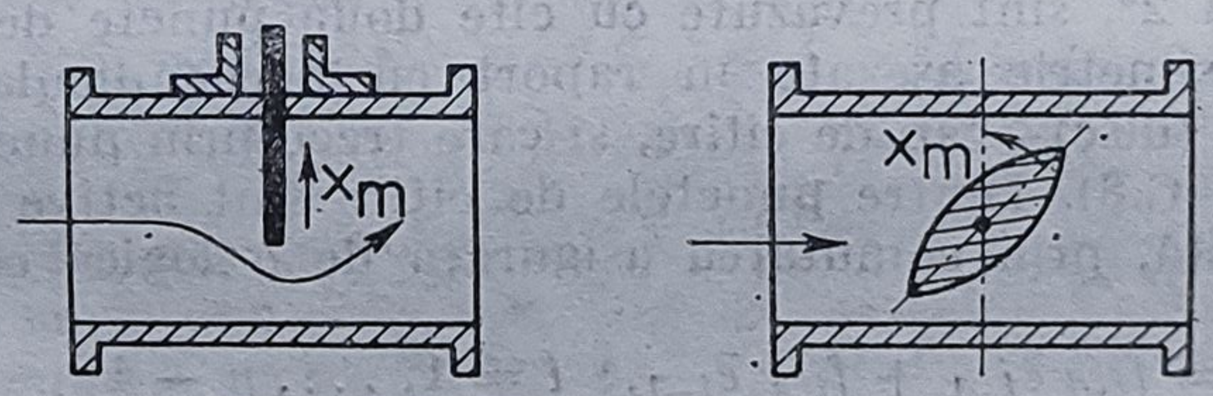


Fig. C.9. Tipuri de clapete.

clasă de echivalenţă (a unui element $s \in S$ faţă de o **relaţie de echivalenţă** R pe mulţimea S) mulţimea elementelor din S echivalente cu s: $[s] = \{t: tRs\}$.

clasă de precizie, indicator prin care se exprimă eroarea tolerată asupra rezultatelor măsurărilor individuale obţinute cu un aparat de măsurat în condiţiile utilizării corecte a acestuia. **C.p.** este un indicator de calitate a aparatelor de măsurat. De regulă, **c.p.** are caracterul unei erori relative şi se exprimă procentual. De ex. pentru un aparat de măsurat cu domeniul $0 - X_{max}$ şi la care eroarea tolerată ΔX_{ad} absolută este constantă pe întreg domeniul, **c.p.** se exprimă sub forma

$$c = \frac{\Delta X_{ad}}{X_{max}} \cdot 100 \quad [\%]$$

C.p. pentru aparatele de laborator sînt 0,1; 0,2; 0,5, iar pentru cele industriale 1; 1,5; 2,5. În instalaţiile automate **c.p.** se specifică pentru traductoare, acestea fiind elementele care realizează funcţiile de măsurare.

cod, modalitate universală de prezentare a informației în vederea memorării, transmiterii și prelucrării, realizînd corespondența între mesajele primare și semnale. **C.** sînt utilizate pentru transmiterea informației discrete pe canale de legătură, în dispozitive de calcul numeric și în instalații complexe de automatizare. Fiind dată mulțimea mesajelor primare, provenind de la sursa de informație, $B = \{b_i\}$ $(i = 1, \ldots, n)$ și un alfabet de **c.** A cu elemente $\{a_i\}$ $(i = 1, \ldots, m)$, succesiunea unui număr finit de simboluri ale alfabetului A poartă numele de cuvînt de **c.** Mulțimea cuvintelor pe alfabetul A formează un **c.** dacă se poate stabili o corespondență biunivocă între mulțimea primară $\{b_i\}$ și mulțimea cuvintelor de **c.** formată pe acest alfabet. Fiecare cuvînt ce intră în **c.** considerat poartă numele de cuvînt de **c.** cu sens, sau numai cuvînt (combinație de **c.**). Numărul simbolurilor care intră în alcătuirea unui cuvînt de **c.** fixează lungimea cuvîntului de **c.**

— În transmiterea informației se întîlnesc următoarele categorii principale de **c.**:

c. *nesingular*, **c.** la care toate cuvintele sînt distincte;

c. *unic decodabil*, **c.** la care fiecărei succesiuni de cuvinte îi corespunde o singură succesiune de litere (cuvinte) ale sursei de informație;

c. *separabil*, **c.** unic decodabil ce nu utilizează semne de demarcare între cuvinte;

c. *instantaneu*, **c.** la care nici un cuvînt de **c.** nu este prefix la un alt cuvînt de **c.**;

c. *optimale* (absolut optimale), **c.** care au eficiență maximă, în sensul că lungimea medie a cuvintelor este minimă. În practică, codarea optimală nu poate fi atinsă, iar **c.** care au cea mai mică lungime medie posibilă în condiții concrete de transmisie a informației poartă numele de **c.** *cvasioptimale* (sau **c.** *compacte*);

c. *bloc*, **c.** la care toate cuvintele au aceeași lungime (se mai numesc **c.** *uniforme*);

c. *neuniforme (non-bloc)*, **c.** la care cuvintele au lungimi diferite;

c. *recurente (involuționale)*, **c.** la care transmisia informației nu se face prin cuvinte, ci printr-o succesiune continuă de impulsuri; se utilizează în cazul în care se urmărește corecția pachetelor de erori;

c. *protejat*, **c.** care permite pe baza unui algoritm de prelucrare a informației detecția și corecția unui număr de erori (sau a unor pachete de erori). După cum asigură numai detecția sau și corecția erorilor, un **c.** protejat poate fi:

c. *detector* sau **c.** *corector (autocorector)*. Toate **c.** protejate sînt redundante, în sensul că, pe lîngă simbolurile purtătoare de informație se introduc o serie de simboluri suplimentare de control, care permit detecția sau corecția erorilor;

c. *sistematic*, **c.** protejat la care toate simbolurile de informație sînt simboluri succesive, plasate fie la începutul, fie la sfîrșitul cuvîntului; utilizarea **c.** sistematice facilitează operația de separare a simbolurilor informaționale de simbolurile de control;

c. *(de) grup*, **c.** de bloc la care mulțimea cuvintelor formează grup față de operația de adunare. Se mai numesc **c.** *liniare*;

c. *ciclice (polinomiale)*, **c.** la care cuvîntul cu n simboluri $C = [a_0, a_1, \ldots, a_n]$ se poate reprezenta prin forma de polinom: $C(x) = a_0 + a_1x + \ldots + a_{n-1}x^{n-1}$, coeficienții a_i fiind elemente binare: 0 sau 1. **C.** ciclice permit efectuarea de operații matematice mai complexe (pe lîngă adunare și inversa ei, înmulțire și inversa ei). Mecanismul detecției erorilor la aceste **c.** constă în alegerea cuvintelor cu sens ca fiind divizibile cu un polinom $g(x)$ (numit polinom gene-

rator al c.). Dacă în procesul de transmisie a informației nu au apărut erori, polinomul care reprezintă cuvîntul recepționat divizat la $g(x)$ va da un rest nul; dacă apar erori restul va fi diferit de zero. Denumirea de ciclic provine de la faptul că toate cuvintele se obțin prin permutări circulare ale simbolurilor unui singur cuvînt;

c. *perfect*, c. care corectează toate combinațiile de erori în număr de n, dar nici o combinație de $n + 1$ erori.

O serie de c. utilizate în transmisia informației poartă numele celor care le-au propus. Dintre cele mai importante se menționează: c. *Hamming* (n, k), c. de grup perfect, la care într-un cuvînt se disting m biți de control, $n = 2^m - 1$ biți, și $k = n - m$ biți informaționali, biții de control ocupînd pozițiile $2^0, 2^1, 2^2, \ldots, 2^n$ în structura cuvîntului. Relațiile de control reprezintă sume modulo 2 între diferiți biți; c. *Slepian* (n, d), c. sistematic de grup, care conține toate cuvintele de n biți cu distanța între ele „d". Un astfel de c. se mai numește optimal; c. *Golay* c. sistematic optimal perfect; c. *Reed -Muller*, c. de grup ce pot fi asimilate c. Hamming, la care lungimea de cuvînt a codului este $n = 2^k$, cu distanța minimală $d = 2^{k-r}$, unde r reprezintă numărul biților de informație: $i = \sum_{j=0}^{r} C_n^j$; c. *Mc.Donald*, c. liniare de grup, avînd ca distanță minimală limita superioară Plotkin; c. *Bose-Chaudhuri*, c. ciclic definit prin rădăcinile polinomului său generator, lungimea codului fiind egală cu cel mai mic multiplu comun al ordinelor rădăcinilor.

— În situațiile în care nu se urmărește transmisia la distanță a informației, ci prelucrarea sa în echipamente numerice sau stocarea într-o formă accesibilă, se utilizează c. de redundanță scăzută, dar cu facilități de calcul sau de codare/decodare a caracterelor alfanumerice. Cele mai utilizate c. sînt cele binare, care folosesc doar mulțimea simbolurilor binare (o excepție o constituie codul Morse utilizînd trei simboluri: linie, punct, pauză, utilizat încă în telegrafie). C. *binar natural* reprezintă orice număr (corespunzător ordonării unui alfabet) în baza de numerație 2: $N = a_n 2^n + a_{n-1} 2^{n-1} + \ldots + a_1 2^1 + a_0 2^0$, cu $a_i = 0$ sau 1. C. binar natural este astfel un c. ponderat, adică fiecare poziție dintr-o succesiune de simboluri binare reprezentînd un cuvînt are asociată o pondere. C. ponderate se pretează la calcule numerice după reguli clasice de adunare sau multiplicare. O serie de c. binare se utilizează pentru o echivalare directă a cifrelor din sistemul de numerație zecimal și poartă numele de c. *binar-zecimale*. Numărul minim de biți necesar pentru a codifica cele 10 cifre zecimale este 4, dar există și c. cu redundanță sporită, care folosesc mai mult de 4 cifre binare, avînd în acest fel posibilități de detecție sau corecție a erorilor. În tabelul C.1 se prezintă cîteva din principalele tipuri de c. binar zecimale, denumite și c. *zecimale codificate binar*. Cu excepția c. Gray toate c. prezentate în tabelul C.1 sînt ponderate. *C 8421* reprezintă c. zecimal codificat binar natural; c. *Aiken* și c. *MBQ* au ponderi particulare pe bitul 4, ceea ce facilitează implementarea numărătoarelor zecimale în anumite tehnologii; c. *Stibitz* are zero neechivoc (nu poate fi confundat cu absența tensiunii de alimentare) și în plus are proprietăți de simetrie, combinațiile dispuse simetric față de linia dintre simbolurile 4 și 5 fiind complementare; c. *2 din 5* (sau *3 din 5*, dacă se înlocuiește 0 cu 1 și 1 cu 0) este un c. cu număr de elemente selective constant, numit și combinațional. Avînd distanța Hamming 3 permite detectarea unei erori.

Tabelu 1 C.1

Simbol	Cod 8421	Cod 2421 (Aiken)	Cod Exces 3 (Stibitz)	Cod 2 din 5	Cod biquinar	Cod 5421 (MBQ)	Cod Gray
0	0000	0000	0011	11000	0100001	0000	0000
1	0001	0001	0100	00011	0100010	0001	0001
2	0010	0010	0101	00101	0100100	0010	0011
3	0011	0011	0110	00110	0101000	0011	0010
4	0100	0100	0111	01001	0110000	0100	0110
5	0101	1011	1000	01010	1000001	1000	0111
6	0110	1100	1001	01100	1000010	1001	0101
7	0111	1101	1010	10001	1000100	1010	0100
8	1000	1110	1011	10010	1001000	1011	1100
9	1001	1111	1100	10100	1010000	1100	1101

C. *biquinar* are proprietăţi de simetrie care facilitează înmulţirea a două numere (realizabilă numai prin operaţii de deplasare). C. *Gray* (numit şi reflex, datorită simetriei în oglindă a biţilor) are proprietatea că diferitele combinaţii succesive nu diferă între ele decît printr-un singur bit; din această cauză c. Gray se utilizează la codificarea traductoarelor numerice de poziţie sau rotaţie, reducînd probabilitatea de citire eronată la cel mai puţin semnificativ bit. C. *octal*, c. alcătuit din simbolurile 0,...,7, deci cu baza de numeraţie 8, utilizat pentru reprezentarea mai comodă a numerelor în sisteme de calcul. C. *hexazecimal*, c. al alfabetului constituit din mulţimea tuturor combinaţiilor de 4 cifre binare, conţinînd (în ordinea creşterii valorilor binare de la 0000....1111) simbolurile 0,1,....,9, *A*, *B*,..., *F*. C. hexazecimal permite simplificar.a evidentă a exprimării cuvintelor binare (de ex., cuvîntul binar 11100110 se codifică E6 în c. hexazecimal. C. *ASCII*, c. cu 7 cifre binare pentru alfabetul constituit din cifre zecimale, litere mari şi mici, semne de punctuaţie, operatori aritmetici, simboluri pentru controlul comunicaţiei şi editare. Denumirea sa provine din lb. engleză *(American Standard Cod for Information Interchange)*. Deoarece cuvintele de 8 biţi sînt mai frecvent utilizate în tehnica numerică de calcul, se utilizează şi c. ASCII—8 care diferă de cel iniţial prin adăugarea unui bit de control. C. *ISO*, c. standard utilizat pentru codificarea informaţiilor alfanumerice, foarte asemănător cu ASCII, avînd 8 cifre binare. Este întîlnit frecvent în codificarea pe suport bandă perforată a programelor de prelucrare pe maşini-unelte dotate cu echipamente de comandă numerică. Din cei 8 biţi doar 7 sînt informaţionali, unul asigurînd controlul de paritate. C. *EIA*, c. cu performanţe asemănătoare cu *ISO*, utilizat mai mult în S.U.A. C. *EBCDIC*, c. destinat codificării caracterelor alfanumerice, semnelor de punctuaţie, operatorilor aritmetici şi logici, simbolurilor pentru controlul comunicaţiei şi editare, dezvoltat pentru sistemele de calcul *IBM* (denumirea provine din lb. engleză: *Extended Binary Coded Decimal Interchange Code)*. C. *Hollerith*, c. cu 6 cifre binare pentru cele 48 de simboluri ale alfabetului limbajului *FORTRAN*, utilizat pentru stocarea informaţiei pe cartele perforate (o cartelă conţine 80 de cuvinte în c. Hollerith). C. *maşină* , c. binar, la care fiecare cuvînt cu sens corespunde unui simbol al alfabetului format din operaţiile pe care le poate executa o anumită unitate centrală de prelucrare.

codificator, dispozitiv logic combinaţional cu un număr mare de intrări, care generează adresa intrării active. Dacă prin proiectarea sistemului se garantează o singură intrare activă în c., atunci logica c. este foarte simplă şi poate fi implementată cu porţi. Dacă mai multe intrări pot fi active la un moment de timp, un c. simplu ar genera funcţia SAU logic a adreselor acestor intrări. C.

Tabelul C.2

INTRĂRI									IEŞIRI				
$\overline{EI}$	$\overline{I_0}$	$\overline{I_1}$	$\overline{I_2}$	$\overline{I_3}$	$\overline{I_4}$	$\overline{I_5}$	$\overline{I_6}$	$\overline{I_7}$	$\overline{GS}$	$\overline{A_0}$	$\overline{A_1}$	$\overline{A_2}$	$\overline{EO}$
1	x	x	x	x	x	x	x	x	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
0	x	x	x	x	x	x	x	0	0	0	0	0	1
0	x	x	x	x	x	x	0	1	0	1	0	0	1
0	x	x	x	x	x	0	1	1	0	0	1	0	1
0	x	x	x	x	0	1	1	1	0	1	1	0	1
0	x	x	x	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1
0	x	x	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1
0	x	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1
0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1

cu prioritate generează adresa intrării active de cea mai înaltă prioritate. Prioritatea este predeterminată în funcţie de poziţia intrărilor. În tabelul C.2 este prezentat modul de operare a **c.** integrat *9318*. unde $\overline{EI}$ reprezintă semnalul de activare a intrărilor, $\overline{E}_0$ — activare ieşiri şi $\overline{GS}$ — ieşire de semnal de grup. Aplicaţii ale **c.** cu prioritate : codificare binară sau zecimală, realizarea convertoarelor analog-numerice şi numeric-analogice, circuite de tratare a cererilor de întreruperi şi alocare de priorităţi comenzilor în sisteme de tip microcalculator, acordarea magistralei comune în sisteme multiprocesor.

coeficient de amortizare, pentru sistemul de întîrziere de ordinul II descris de ecuaţia

$$\ddot{y}(t) + 2\,\zeta\omega_n\dot{y}(t) + \omega_n^2\,y(t) = \omega_n^2\,u(t)$$

adică avînd funcţia de transfer

$$H(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n\,s + \omega_n^2}$$

parametrul ζ se numeşte **c. de a.**, deoarece pentru $\zeta \in [0,1]$ decrementul oscilaţiei este

$$\psi = 1 - e^{-\frac{2\pi\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}}}$$

şi deci este determinat de ζ. Şi în cazul $\zeta > 1$ acest parametru caracterizează convergenţa răspunsului spre regimul stabilizat. După valorile **c. de a.**, regimurile tipice ale sistemului de ordin II au primit denumirile:

— regim neamortizat	$\zeta = 0$	$(\psi = 0)$
— regim subamortizat	$\zeta \in (0,1)$	$(0 < \psi < 1)$
— regim amortizat critic	$\zeta = 1$	$(\psi = 1)$
— regim supraamortizat	$\zeta > 1$	—

coincidenţă, funcţie booleeană de două variabile binare care dă la ieşire valoarea logică 1, dacă variabilele de intrare coincid (ambele 0 sau ambele 1). Complementara funcţiei **c.** este funcţia *SAU—EXCLUSIV (sumă modulo 2,* →**anticoincidenţă)**. Funcţia **c.** (sau identitate, sau echivalenţă) se notează cu $\odot$ şi se exprimă $x \odot y = xy \cup \bar{x}\bar{y}$.

colectare de date, activitate de obţinere de informaţii despre un proces, în vederea conducerii acestuia. Pentru **c. de d.** se folosesc fie echipamente de sine stătătoare, fie sisteme speciale (→ **sistem de interfaţă,** → **sistem intrări analogice,** → **sistem intrări numerice**). În acest al doilea caz **c. de.d.** se face prin program, sub controlul unui procesor. Datele colectate sînt supuse prelucrării primare (→ **algoritm de prelucrare primară a datelor**) în vederea utilizării la elaborarea comenzilor.

comandă adaptivă a maşinilor unelte, acţiune de conducere automată a instalaţiei maşină-unealtă, care, conservînd proprietatea de comandă a deplasărilor corespunzătoare traiectoriei impuse a punctului de interacţiune piesă — sculă, urmăreşte satisfacerea şi a unui criteriu suplimentar tehnico-economic, cu implicaţii directe în controlul operaţiei de prelucrare prin aşchiere. **C.a.a.m.u.** se realizează în două variante de bază: a) conducerea după un criteriu de performanţă aprioric cunoscut, de ex., încărcare maximă controlată a maşinii, descrisă prin menţinerea unei mărimi mecanice, ce reflectă cît mai complet efortul de aşchiere, la valori limită superioare (moment de torsiune sau de încovoiere la arborele de lucru, putere a motorului acţionării principale, ş. a.); b) optimizarea unui indice tehnico-economic global de tipul: productivitate, preţ de cost al uzinării (incluzînd operaţiile de pregătire a fabricaţiei), timp de uzinare, durabilitate a sculei etc. **C.a.a m.u.** se bazează pe identificarea subsistemelor cinematice de avans aproximate la o comportare liniară şi a subsistemului de aşchiere, în esenţă neliniar. Mărimile de conducere ce realizează adaptarea sînt, indiferent de tipul maşinii, viteza de avans w de deplasare pe o axă a organului mobil, turaţia n a arborelui principal, adîncimea de tăiere. Problemele de adaptare implică funcţii obiectiv neliniare, operînd în prezenţa unui set de restricţii care definesc un domeniu de lucru admisibil. Considerînd o **c.a.a m.u.** cu t fixat, frontierele domeniului admisibil sînt date de puterea motorului acţionării principale P, momentul de torsiune la arborele de lucru M_t, momentul de încovoiere M_i, avansul pe dinte S_d, viteza de avans w, turaţia n (fig. C.10). Strategia de conducere adaptivă realizează încadrarea punctului de funcţionare în vecinătatea traiectoriei optimale. Se apreciază că prin conducere efectivă cu adaptare, sporul de productivitate al aşchierii poate atinge 80%. O configuraţie standard de adaptare se poate realiza cu un echipament de calcul specializat, ce operează în timp real, asociat cu un subsistem de culegere şi prelucrare primară a datelor din proces şi cu o interfaţă de comandă a elementelor de execuţie. Optimizarea se realizează prin menţinerea punctului de funcţionare pe o traiectorie calculată, neliniară, de expresie $w^q n^{1-q}$=const., ceea ce impune testarea poziţiei în raport cu frontierele ce definesc domeniul admisibil. Struc-

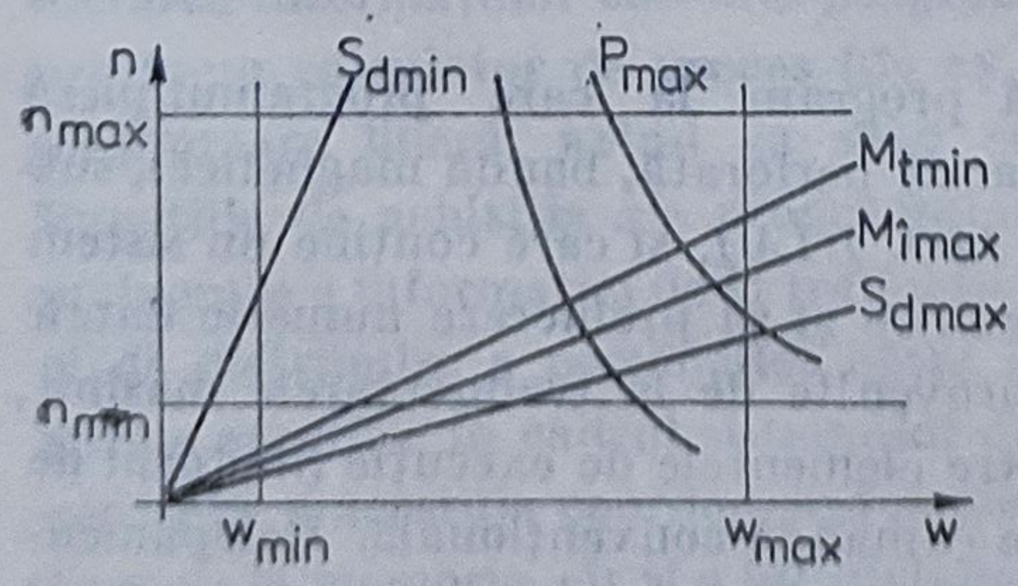


Fig. C.10. Delimitarea domeniului admisibil pentru comanda adaptivă a maşinilor unelte.

turile moderne de conducere automată a maşinilor unelte implementează funcţiile de conducere adaptivă în configuraţii multiprocesor ($CN-CA$) care asigură şi comanda deplasărilor organelor mobile.

comanda convențională a mașinilor unelte, ansamblu de funcții de comandă cu caracter discret, ce asigură: porniri și opriri ale motoarelor principale și de avans, schimbarea sensurilor de rotație, frînări, cuplarea și decuplarea circuitelor pentru răcirea zonei de contact sculă — piesă sau ungerea angrenajelor din cutiile de viteze, interblocări de avarie, semnalizări optice și acustice, ș. a. Comanda convențională permite astfel cuplarea unor subansamble ale mașinii-unelte într-o ordine bine determinată. Echipamentele de **c.c.a m.u.** sînt realizate cu relee, elemente logice cu comutație statică și în ultimul timp cu ajutorul automatelor programabil .

comandă (după) program, procedeu de conducere a unui proces industrial, la care informația necesară conducerii este transpusă în faza externă de prelucrare a datelor sub forma unui program, memorată și stocată într-un dispozitiv port-program; în faza internă de prelucrare a datelor urmează ca acest program să fie citit, decodificat și prelucrat de un sistem de comandă care transmite procesului, pe măsura desfășurării lui, informațiile de comutație, deplasare, reglare, necesare. Clasificarea sistemelor de **c.p.** se poate face după: natura legăturilor între parametri: sisteme **c.p.** *poziționale* (la care atingerea valorilor finale de către anumiți parametri nu e influențată de evoluția în timp a acestora); sisteme **c.p.** *funcționale* (la care există legături funcționale între parametri); natura informației vehiculate intern: sisteme **c.p.** *numerice*, sisteme **c.p.** *analogice* și sisteme **c.p.** *hibride;* tipul buclelor de reglare: sisteme **c.p.** *în circuit deschis*, sisteme **c.p.** *în circuit închis;* modul de introducere a datelor: sisteme **c.p.** *cu program codificat*, sisteme **c.p.** *cu program necodificat.*

Sistemele de **c.p.** cunosc o largă dezvoltare în domeniul conducerii mașinilor-unelte; cele mai cunoscute sînt: *comanda prin came profilate*, la care programul mașinii este memorat în profilul unei came, care transmite informațiile înmagazinate prin modificarea poziției sale unghiulare în raport cu un palpator, cu care se află în permanent contact; *comanda secvențială*, ce constă din memorarea mărimilor deplasărilor prin poziția unor călăreți fixați în reglete cu mai multe canale paralele, longitudinale, fiecare regletă fiind asociată unei axe a mașinii și fiecare canal fiind asociat unei secvențe de lucru, particularizată prin poziția călărețului, care este sesizată prin microîntreruptor; *comanda cu copiere după șablon* care memorează programul prin forma unui șablon, ce poate fi executat în două sau trei dimensiuni. Un palpator, de obicei electric sau hidraulic, urmărește în permanență șablonul și transmite mașinii comenzile de deplasare necesare pentru executarea piesei.

comandă numerică, comandă după program la care programul/piesă este memorat pe un purtător adecvat (bandă perforată, bandă magnetică), sub formă de date numerice codificate *(cod ISO, EIA)*, și care conține un sistem de comandă capabil să citească, să decodifice și să prelucreze numeric datele programului și informațiile de reacție provenite de la traductoarele mașinii, în scopul emisiei de comenzi continue către elementele de execuție (motorul de avans și cel principal), către secțiunea de comandă convențională. Echipamentele de **c.n.** au dezvoltată secțiunea de interfață cu operatorul, atît în sensul introducerii de date de la tastatură și comutatoare, cît și în sensul afișării numerice sau alfanumerice a informațiilor privind starea de execuție a progra-

mului şi evoluţia deplasărilor pe axele maşinii. În fig. C.11 este prezentată structura bloc a unui sistem c.n.

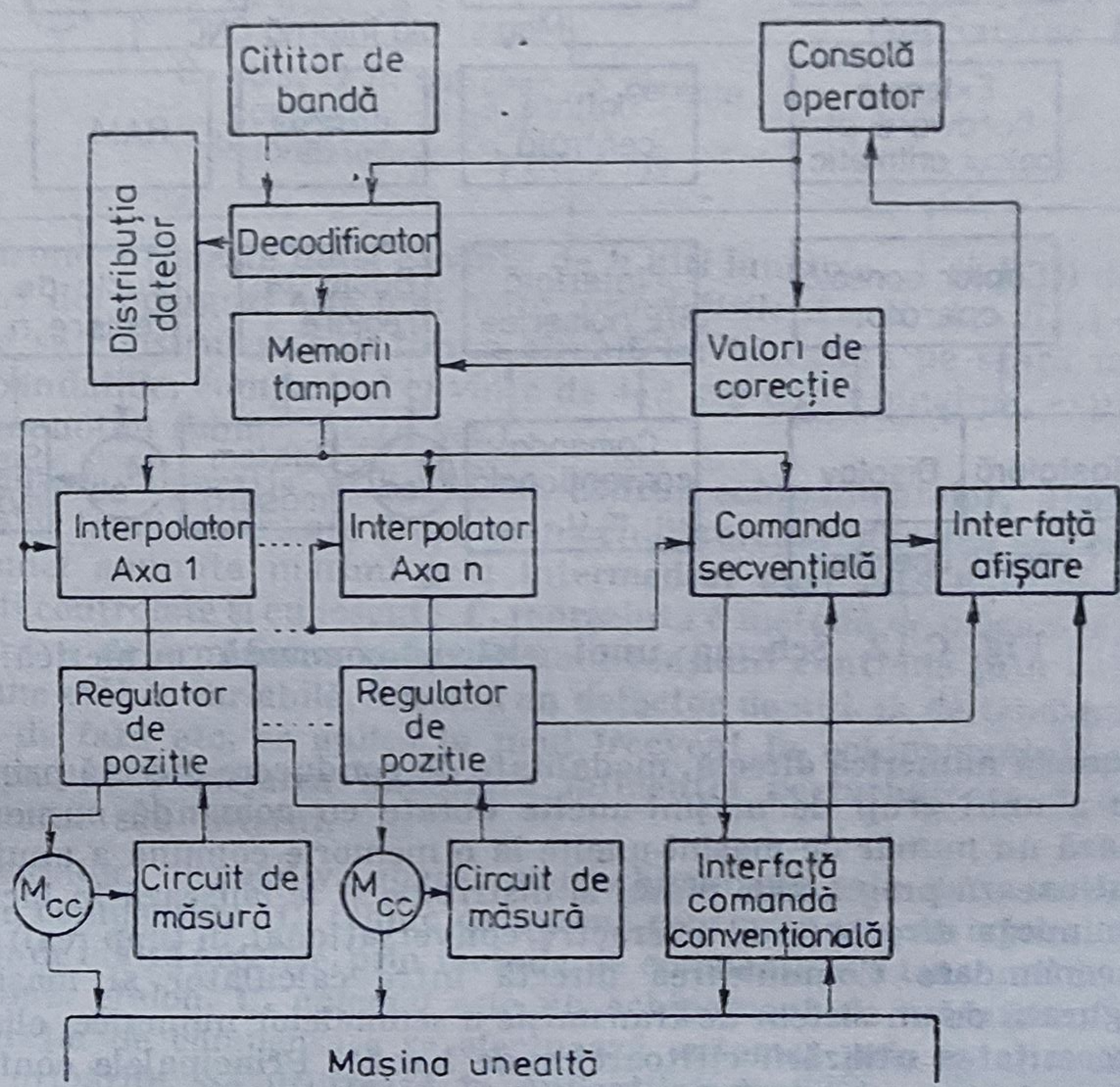


Fig. C.11. Schema bloc a unui sistem comandă numerică.

comandă numerică cu calculator, comandă numerică care realizează prelucrarea informaţiilor asociate programului piesă şi de la traductoarele maşinii printr-un calculator de proces (de ex., minicalculator sau microcalculator) cu programare liberă, avînd ca scop conducerea unei singure maşini-unealtă. Funcţiile de achiziţie ale programului piesă şi ale comenzilor operatorului, de prelucrare a informaţiei de la traductoarele maşinii, de prelucrare a informaţiilor şi de distribuire a comenzilor către elementele de execuţie sînt definite prin rutine specifice în cadrul sistemului de programe al calculatorului, iar unitatea centrală a acestuia coordonează activitatea acestor rutine şi transferul de date în şi de la memorie, cît şi a interfeţelor maşinii, perifericelor utilizate şi consolei. Un sistem **c.n.cu c.** se poate realiza în următoarele variante structurale: cu minicalculator de proces (de ex., *PDP*, *CORAL*), cu microcalculator cu unitate centrală deosebit de puternică (de ex., *LSI 11*) în configuraţie monoprocesor (fig. C.12), sau în configuraţii multimicroprocesor, cu distribuirea sarcinilor

de comandă între un număr de 2—3 microprocesoare cu lungime de cuvînt de 16 biţi (de ex., *I. 8086*) sau de tip bit — slice (de ex., *I 3000, Am 2900*).

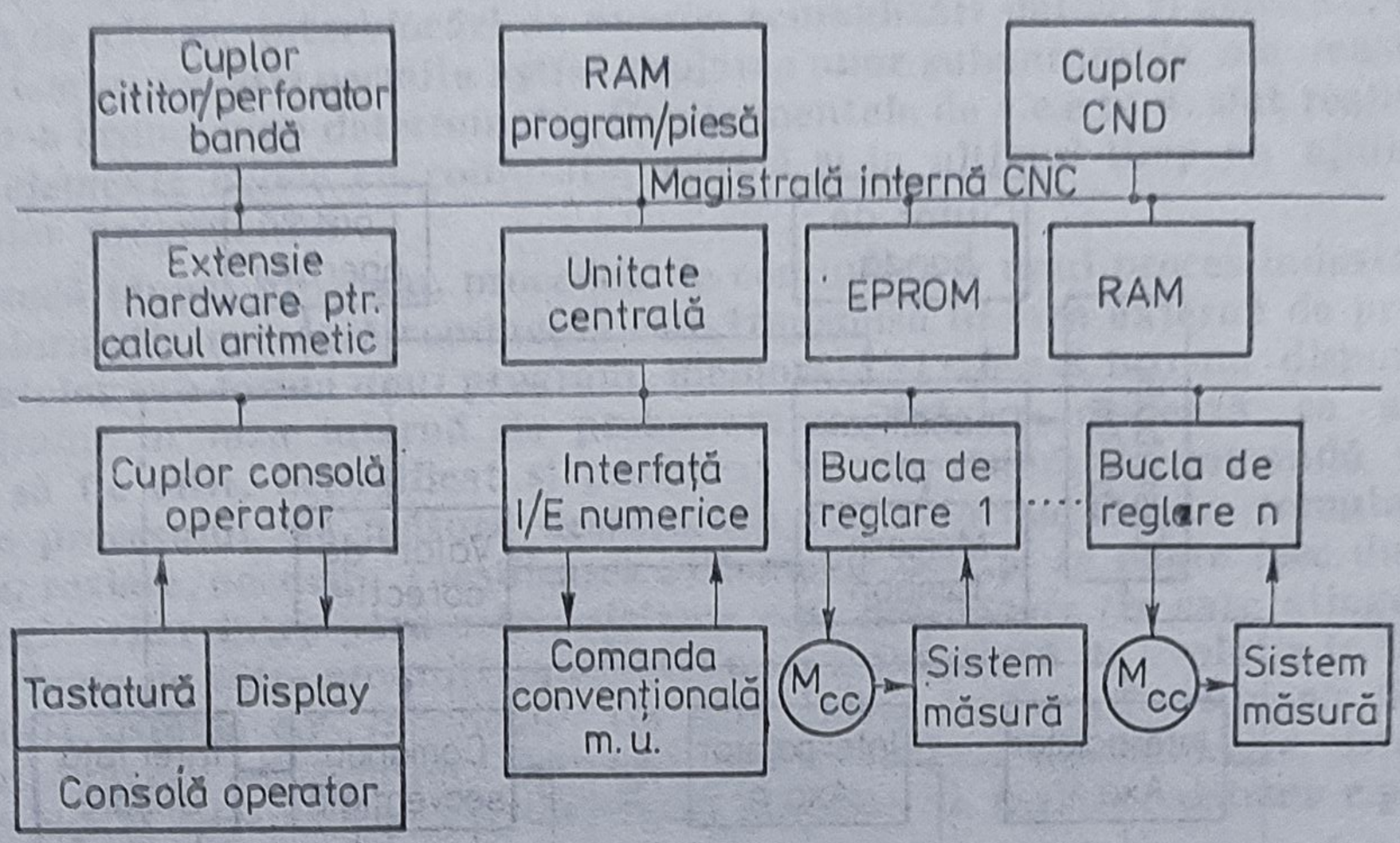


Fig. C.12. Schema unui sistem comandă numerică.

comandă numerică directă, modalitate de conducere directă prin calculator numeric a unui grup de maşini-unelte dotate cu comandă numerică. **C.n.d.** conectează un număr de maşini-unelte la o memorie comună a unui calculator care gestionează programele piesă, le distribuie şi le lansează în lucru pe baza unei comunicări directe (mod interactiv, conversaţional, în timp real) cu maşinile unelte comandate. Comunicarea directă între calculator şi maşinile-unelte este asigurată de un sistem de transmisie a semnalelor numerice, eliminîndu-se astfel necesitatea utilizării cititoarelor de bandă. Principalele configuraţii de sisteme **c.n.d.** sînt : *redus*, *BTR* (behind the tape reader), *ierarhic*.

comparator diferenţial, element tipic al structurii de sistem de reglare automată, ce realizează comparaţia dintre mărimea de referinţă şi măsură. Această comparaţie se face prin diferenţă, rezultînd la ieşirea **c.d.** mărimea de eroare (fig. C.13). Funcţia de transfer de la y_r la ε este $H_\varepsilon(s) = \dfrac{1}{1 + H(s)}$ şi se numeşte *funcţia de transfer a erorii*. Din punct de vedere constructiv **c. d.** este adesea inclus în regulatorul automat.

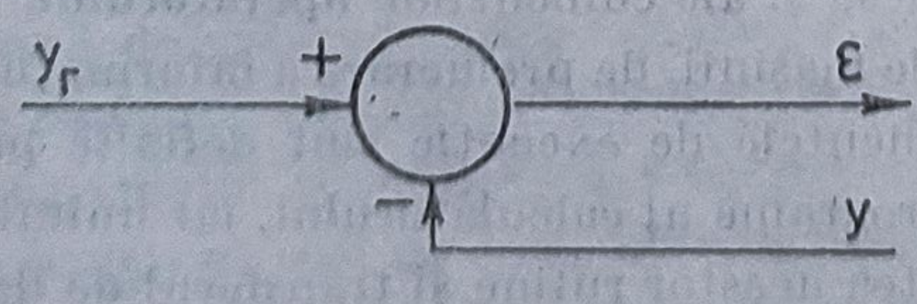


Fig. C.13. Structura unui comparator diferenţial.

comparator logic, dispozitiv ce realizează comparaţia a doi operanzi exprimaţi sub formă numerică, pe unul sau mai mulţi biţi. **C. l.** sînt de două tipuri: **c. l.** de identitate şi **c. l.** de mărime. Comparaţia operanzilor se poate face serie sau paralel. **C. l.** de identitate primeşte două cuvinte de n biţi lungime, A şi B, şi detectează dacă cei doi operanzi sînt egali sau nu, prin ieşirile $A = B$ şi $A \neq B$.

C. l. de identitate, sub forma de circuite integrate pe scară medie, se realizează conform schemei logice din fig. C. 14.

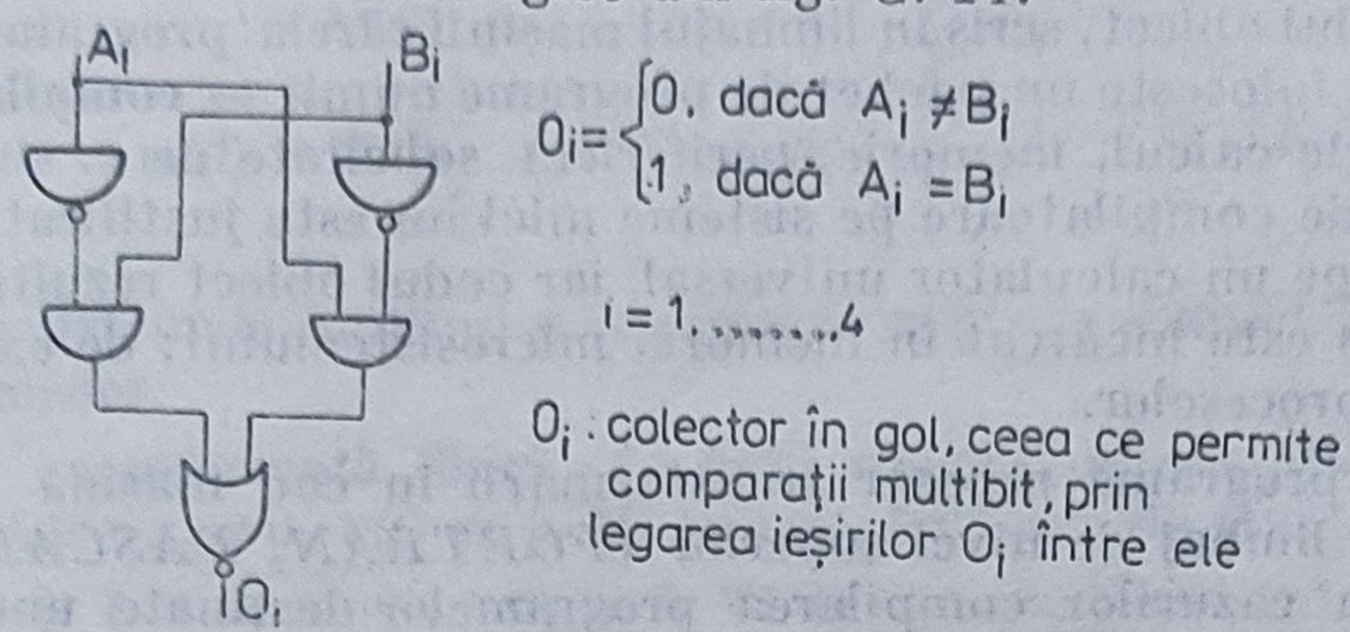


Fig. C.14. Structura unui comparator logic.

C. l. de mărime, primește două cuvinte de n biți lungime, A și B, și detectează care din cei doi operanzi este mai mare, prin ieșirile $A=B$, $A>B$, $A<B$. **C. l.** de mărime se construiesc sub forma circuitelor integrate pe scară medie, de viteză, expandabile, comparînd cuvinte de 4, 5 sau 6 biți lungime, exprimate în orice cod monoton (binar, *BCD*, ș.a.).

compensare, operație utilizată în cadrul echipamentelor, aparatelor și dispozitivelor tehnice care are drept scop echilibrarea, reducerea sau eliminarea efectelor unei anumite mărimi prin intermediul unei alte mărimi ale cărei valori pot fi controlate și cunoscute. **C.** reprezintă o metodă de măsurare aplicată, de ex., pentru determinarea valorilor unei tensiuni continue prin comparație cu o tensiune etalon variabilă, folosind un detector de nul. **C.** de temperatură, de frecvență, de fază etc. se aplică în mod frecvent în echipamentele de automatizare pentru protejarea împotriva influenței perturbatoare a anumitor factori externi sau interni.

compensator, dispozitiv, aparat sau echipament prin care se realizează operația de compensare. **C.** tehnic de curent continuu este un aparat destinat măsurărilor de înaltă precizie, prin metoda de compensare a tensiunii de măsurat cu o tensiune. etalon. **C.** *automat* este un echipament de măsurare în cadrul căruia operația de compensare se efectuează automat prin intermediul unui sistem de urmărire. Se utilizează în aplicații industriale, pentru măsurarea temperaturii cu termocupluri. Schema de principiu a unui c. automat este reprezentată în fig. C.15.

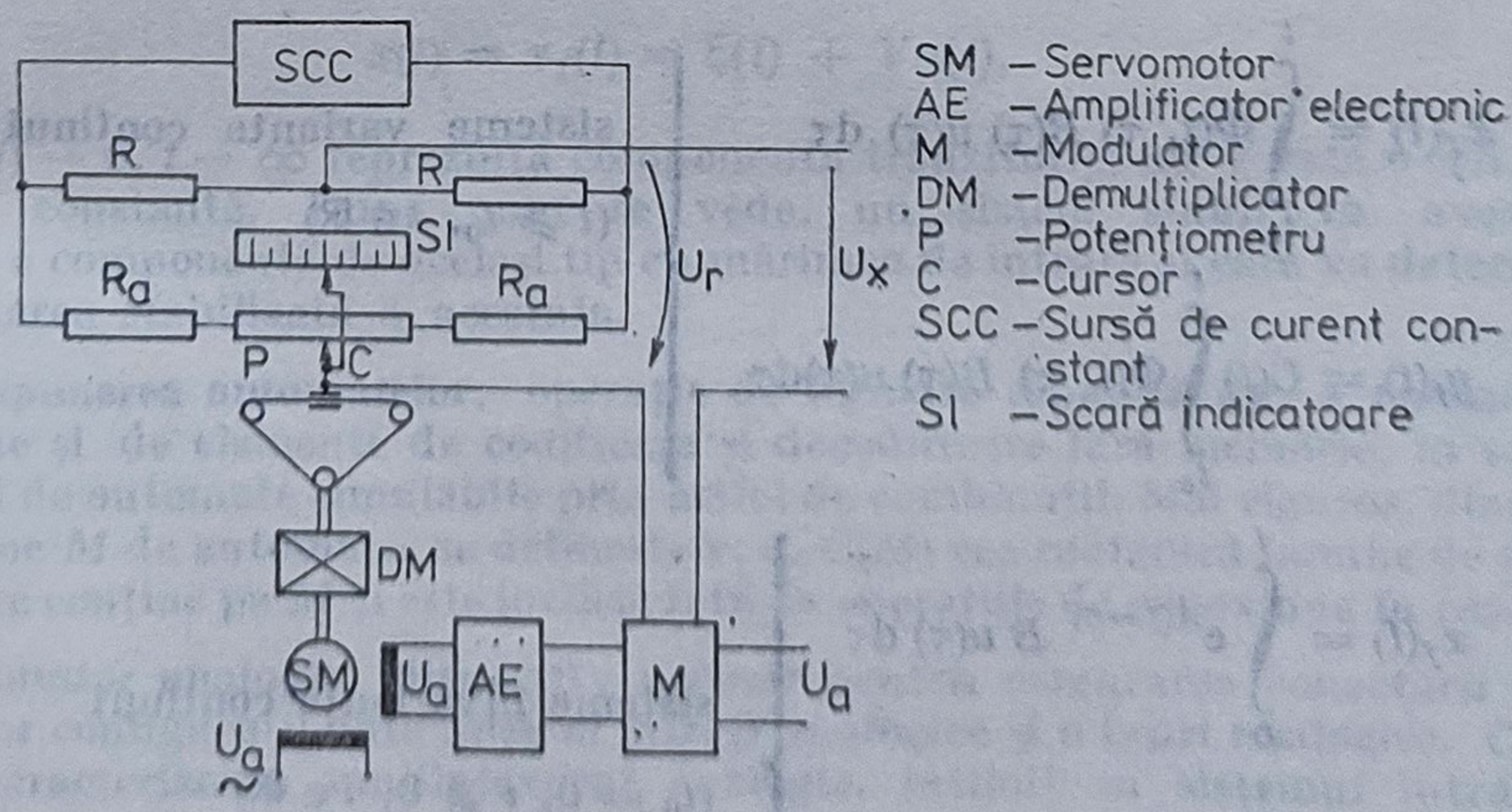


Fig. C.15. Schema de principiu a unui compensator automat:
SM – servomotor; *AE* – amplificator electronic; *M* – modulator; *DM* – demultiplicator; *P* – potențiometru; *C* – cursor; *SCC* – sursă de curent constant; *SI* – scară indicatoare

compilare, transpunerea programului sursă, scris într-un limbaj de nivel superior, în forma programului obiect, scris în limbajul mașinii căreia programul îi este destinat. Pentru c. se folosește un pachet de programe numit → **compilator.** Cum resursele (putere de calcul, memorie, periferice) solicitate de c. sînt însemnate, implementarea de compilatoare pe sisteme mici nu este justificată. În aceste situații c. se face pe un calculator universal, iar codul obiect rezultat (imagine direct executabilă) este încărcat în memoria microsistemului; de ex., un sistem de conducere a proceselor.

compilator, sistem de programe necesar transformării în cod mașină a unui program scris într-un limbaj de nivel superior *(FORTRAN, PASCAL, PL/I* etc.). În majoritatea cazurilor compilarea programelor destinate unui sistem de conducere a proceselor se face pe un calculator universal și nu pe sistemul propriu-zis. Scrierea programelor în limbaj de nivel superior oferă avantaje (timp scurt de elaborare a programelor, grad ridicat de independență față de unitatea centrală ce urmează a rula programele), dar și un important dezavantaj: rularea programelor pentru o aplicație dată, scrise în limbaj de asamblare, este de pînă la 4 ori mai rapidă decît a programelor scrise în limbaj de nivel superior, element extrem de important în aplicații de timp real, pentru care conducerea proceselor industriale este un reprezentant tipic.

complement, al unui număr A cu n cifre, reprezentat într-un sistem de numerație de bază b, este unul din numerele B sau C, obținute cu relațiile: $B = b^n - A$ și $C = b^n - 1 - A$. B se numește **c.** bazei, iar C **c.** bazei micșorate cu 1, astfel că $B = C + 1$. **C.** față de doi, este **c.** bazei față de numerele binare; de ex., dacă $A = 110$, **c.** față de doi va fi $B = 010$, adică $2^3 - A$. **C.** binar este **c.** bazei micșorate cu 1 pentru elemente binare (**c.** binar C' al elementului binar C se bucură de proprietatea $C + C' = 1$, $C \cdot C' = 0$ și se mai numește **c.** față de unu. **C.** față de nouă este **c.** bazei micșorate cu 1 pentru numere reprezentate în sistemul de numerație zecimal. Utilizarea codurilor complementare (binare în special) permite efectuarea simplă de operații de scădere în dispozitive numerice de calcul.

componentă forțată *(a unui sistem)* reprezintă răspunsul sistemului cînd: $x(t_0) = 0$ (respectiv $y^{(i)}(t_0) = 0$, $i = \overline{0, n-1}$) și $u(t)$ este specificat.

În cazul → **sistemelor liniare** această componentă este:

$$\left.\begin{aligned} x_f(t) &= \int_{t_0}^{t} \Phi(t, \tau)\, B(\tau)\, u(\tau)\, d\tau \\ y_f(t) &= C(t) \int_{t_0}^{t} \Phi(t, \tau)\, B(\tau)\, u(\tau) d\tau \end{aligned}\right\} \text{sisteme variante continui } (t \geqslant t_0,\ t \in \mathbb{R})$$

$$\left.\begin{aligned} x_f(t) &= \int_{0}^{t} e^{A(t-\tau)}\, B\, u(\tau)\, d\tau \\ y_f(t) &= C \int_{0}^{t} e^{A(t-\tau)}\, B\, u(\tau) d\tau \end{aligned}\right\} \text{sisteme invariante continui } (t_0 = 0,\ t \geqslant 0,\ t \in \mathbb{R})$$

$$\left.\begin{aligned} x_f(t) &= \sum_{k=0}^{t-1} A^{t-k-1}\, B\, u(k) \\ y_f(t) &= C \sum_{k=0}^{t-1} A^{t-k-1}\, B\, u(k) \end{aligned}\right\} \begin{array}{l} \text{sisteme invariante discrete} \\ (t_0 = 0,\ t \geqslant 0,\ t \in \mathbb{Z}) \end{array}$$

La sistemele continui şi invariante se poate calcula $y_f(t)$ direct din matricea de transfer.

componentă liberă *(a unui sistem)*, reprezintă răspunsul acestuia cînd: $x(t_0) = x_0 \neq 0$, $u(t) \equiv 0$, $\forall t$ la caracterizarea de stare, respectiv $y^{(i)}(t_0) = y_{i0} \neq \neq 0$, $i = \overline{0, n-1}$, $u(t) \equiv 0$, $\forall t$ la caracterizarea intrare-ieşire (care evident se convertesc în condiţii iniţiale pe stare). În cazul → **sistemelor liniare c. l.** este:

$$\left.\begin{aligned} x_l(t) &= \Phi(t, t_0) x_0 \\ y_l(t) &= C(t)\, \Phi(t, t_0) x_0 \end{aligned}\right\} \begin{array}{l} \text{sisteme variante continui} \\ (t \geqslant t_0,\ t \in \mathbb{R}) \end{array}$$

$$\left.\begin{aligned} x_l(t) &= e^{At}\, x_0 \\ y_l(t) &= C\, e^{At}\, x_0 \end{aligned}\right\} \begin{array}{l} \text{sisteme invariante continui} \\ (t_0 = 0,\ t \geqslant 0,\ t \in \mathbb{R}) \end{array}$$

$$\left.\begin{aligned} x_l(t) &= A^t x_0 \\ y_l(t) &= C A^t x_0 \end{aligned}\right\} \begin{array}{l} \text{sisteme invariante discrete} \\ (t_0 = 0,\ t \geqslant 0,\ t \in \mathbb{Z}) \end{array}$$

În cazul sistemelor invariante continui se poate aplica şi metoda transformatei Laplace pentru calculul **c. l.**

componentă stabilizată, termenul $Vu(t)$ din răspunsul forţat al sistemului invariant, liniar şi stabil

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t)$$

pentru care, în condiţii iniţiale nule, se poate scrie

$$x(t) = x_f(t) = \xi(t) + Vu(t),$$

unde $\xi(t) \to 0$, $t \to \infty$ reprezintă componenta tranzitorie, iar V este o $(n \times m)$ matrice constantă. După cum se vede, un sistem stabil va avea în răspuns o componentă de acelaşi tip cu mărimea de intrare şi care va determina comportarea stabilizată a acestuia.

compunerea automatelor, operaţie de formare repetată de → **cascade de automate** şi de elemente de codificare şi decodificare fără memorie, în scopul obţinerii de automate simulabile prin astfel de combinaţii. Mai riguros, dîndu-se o mulţime M de automate, se defineşte **c. a.** $C(M)$ cea mai mică familie de automate care conţine pe M şi este inchisă faţă de operaţiile de conexiune în cascadă.

comutator analogic, dispozitiv necesar pentru asigurarea conectării conform unor configuraţii date între m intrări analogice şi n ieşiri analogice. Cazul $n = 1$ caracterizează multiplexorul analogic, întîlnit în sistemul intrărilor analogice, în care m canale analogice de intrare folosesc în comun un singur convertor analog-numeric. Cazul $m = 1$ caracterizează demultiplexorul ana-

logic, utilizat în acele sisteme ale ieșirilor analogice în care cele n ieșiri necesită un singur convertor numeric-analogic. **C. a.** poate fi de tip simplu sau diferențial. Constructiv, **c. a.** este compus din cheile electronice realizînd comutarea propriu-zisă și din logica de comandă care asigură legarea galvanică a unei anumite intrări i la o anumită ieșire j.

comutație, procedură de modificare discretă a fluxului energetic sau informațional în diverse circuite, utilizată în automatizarea secvențială a proceselor, în tehnica reglării numerice și în organizarea structurilor de conducere cu calculator a procesului. **C.** se realizează prin → **dispozitive de comutație. C.** în teoria sistemelor → **hipersuprafață de comutație.**

condiții inițiale *(pentru un sistem)*, valoarea vectorului de stare $x(t)$ la momentul inițial $t = t_0$; în cazul sistemelor invariante momentul inițial se alege $t_0 = 0$, deci **c.i.** sînt reprezentate de $x(0)$. În cazul sistemelor liniare și invariante caracterizate intrare-ieșire:

$$\sum_{i=1}^{n} a_i\, y^{(i)}(t) = \sum_{j=1}^{m} b_j u^{(j)}(t);\ m < n$$

c.i. sint reprezentate de $\{y(0), \dot{y}(0), \ddot{y}(0), \ldots, y^{(n-1)}(0)\}$. Pentru același sistem liniar și invariant între **c.i.** pe ieșire și pe stare există relația

$$\begin{bmatrix} y(0) \\ \dot{y}(0) \\ \ddot{y}(0) \\ \vdots \\ y^{(n-1)}(0) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C \\ CA \\ CA^2 \\ \vdots \\ CA^{n-1} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1(0) \\ x_2(0) \\ x_3(0) \\ \vdots \\ x_n(0) \end{bmatrix} = Q \cdot x(0)$$

și dacă perechea (C,A) este observabilă, atunci se poate deduce unic

$$x(0) = Q^{-1} \begin{bmatrix} y(0) \\ \dot{y}(0) \\ \vdots \\ y^{(n-1)}(0) \end{bmatrix}$$

conducere duală (reglare duală), mod de conducere a sistemelor complexe cu informație apriorică incompletă, în cadrul cărora mărimea de comandă are dublu scop: pe de o parte efectuează analiza stării sistemului condus, iar pe de altă parte îl conduce în starea dorită. Procesele de analiză și comandă sînt concomitente, conducerea căpătînd un caracter dual, foarte complex.

conducere după stare, conducere a unui sistem liniar sau neliniar printr-o comandă obținută ca o combinație liniară a mărimilor de stare ce caracterizează sistemul și care se consideră măsurabile. Dacă x este vectorul de stare al unui sistem liniar și u vectorul de comandă cu dimensiuni n, respectiv m, legea de reacție după stare este:

$$u(t) = Fx(t)$$

unde F este *matricea de reacție* de dimensiuni $m \times n$. Sinteza unui sistem cu conducere după stare rezidă în alegerea elementelor matricii de reacție F în ideea satisfacerii performanțelor dinamice impuse. Problema nu poate fi rezolvată în forma menționată, datorită faptului că, în general, stările nu sînt măsurabile. Soluția implementabilă se obține printr-o reacție liniară după stări estimate, obținute cu ajutorul unui dispozitiv de calcul numit *estimator de stare*. Acesta furnizează starea estimată $\hat{x}$ ce îndeplinește condiția

$$\lim_{t \to \infty} [\hat{x}(t) - x(t)] = 0$$

legea de reacție fiind:

$$u(t) = F\hat{x}(t)$$

conducere ierarhizată, metodologie de conducere a sistemelor complexe constînd din divizarea sarcinii de conducere în mai multe componente, distribuirea acestora spre execuție unor procesoare aflate pe un același nivel ierarhic (nivelul ierarhic inferior) și coordonarea execuției în ansamblu a sarcinii de către un procesor aflat la nivelul ierarhic superior (fig. C.16).

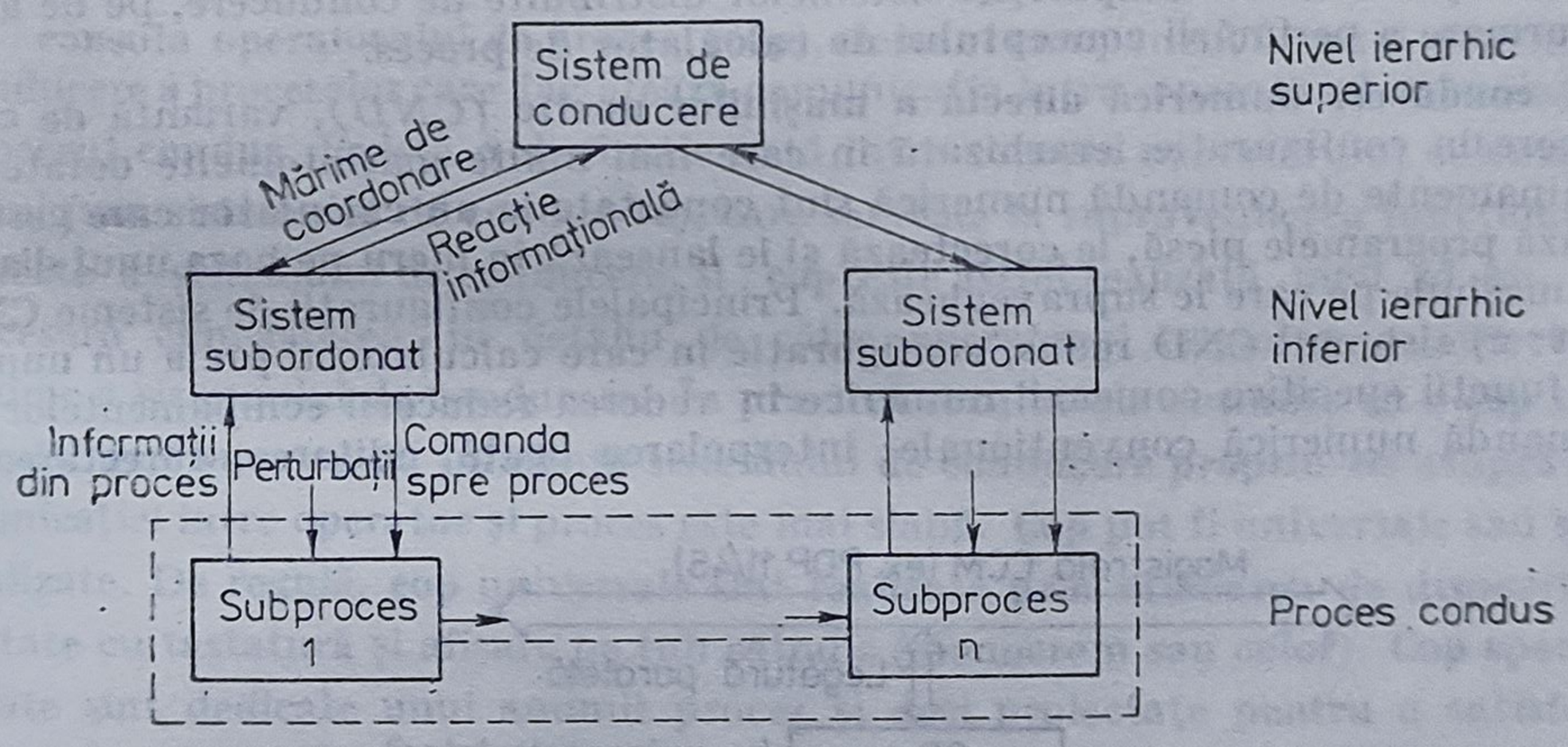


Fig. C.16. Structura unui sistem de conducere ierarhizată.

Divizarea sarcinii de conducere pleacă de la divizarea procesului condus în subprocese care se condiționează reciproc prin intermediul interacțiunilor. Fiecare subproces este condus de către un sistem subordonat care primește informații din proces și, apoi, într-o formă rafinată, le furnizează ca reacție informațională sistemului de conducere. Sistemul subordonat elaborează — pe baza informațiilor din proces și a mărimii primită de la sistemul de coordonare — comanda spre proces. Între sistemele subordonate plasate pe același nivel ierarhic nu există o comunicare directă. Comunicarea între sistemele subordonate se realizează prin intermediul sistemului coordonator. De regulă, problemele de conducere la nivelul subordonat sînt probleme de optimizare. În soluționarea lor pot apărea conflicte între sistemele subordonate. Sistemul de coordonare are rolul de a arbitra aceste conflicte, mărimile de coordonare elaborate de către el și destinate sistemelor subordonate ținînd seama de necesitățile problemei generale de optimizare, chiar dacă, la nivel local, nu se realizează un optim absolut. Dintre metodele **c.i.** se menționează *principiul predicției interacțiunilor* și *principiul estimării interacțiunilor*.

conducere în regim ghid operator, metodă de conducere care implică legarea sistemului de conducere la proces prin intermediul sistemului intrărilor. Deciziile luate de către sistemul de conducere nu sînt transmise direct procesului (sistemul ieşirilor analogice este absent sau neconectat), ci sînt furnizate operatorului prin intermediul consolei operatorului de proces. Este în întregime la latitudinea operatorului să implementeze sau nu aceste comenzi. De regulă **c. în r. g. o.** este doar o etapă intermediară în punerea în funcţiune a unui sistem de conducere, etapă în care se urmăreşte corectitudinea deciziilor elaborate de către sistemul de conducere în conformitate cu agloritmii cu care a fost prevăzut. Într-o etapă ulterioară comenzile sînt furnizate direct procesului prin intermediul sistemului ieşirilor analogice.

conducere numerică directă, metodă de conducere, numită încă *DDC* (de la *D*irect *D*igital *C*ontrol), care presupune îndeplinirea de către sistemul de conducere a funcţiei de regulator. Din punctul de vedere istoric, numele a apărut în momentul în care funcţiile calculatoarelor de proces s-au extins de la fixarea mărimilor de referinţă pentru regulatoarele convenţionale cu care era dotat procesul tehnologic condus, la preluarea funcţiilor acestora, regulatoarele urmînd a fi eliminate sau trecute în rezervă (→ **sistem distribuit de conducere, calculator de proces**). În prezent, noţiunea de **c. n. d.** începe să-şi modifice sensul, pe de o parte datorită apariţiei sistemelor distribuite de conducere, pe de alta, ca urmare a perimării conceptului de calculator de proces.

conducere numerică directă a maşinilor unelte *(CND)*, variantă de conducere în configuraţie ierarhizată în care mai multe maşini-unelte dotate cu echipamente de comandă numerică sînt conectate la un calculator care gestionează programele piesă, le corectează şi le lansează în lucru pe baza unui dialog cu maşinile pe care le supraveghează. Principalele configuraţii de sisteme CND sînt: a) sistemul CND redus, configuraţie în care calculatorul preia un număr de funcţii specifice comenzii numerice în vederea reducerii echipamentelor de comandă numerică convenţionale: interpolarea brută, editarea, corectarea şi

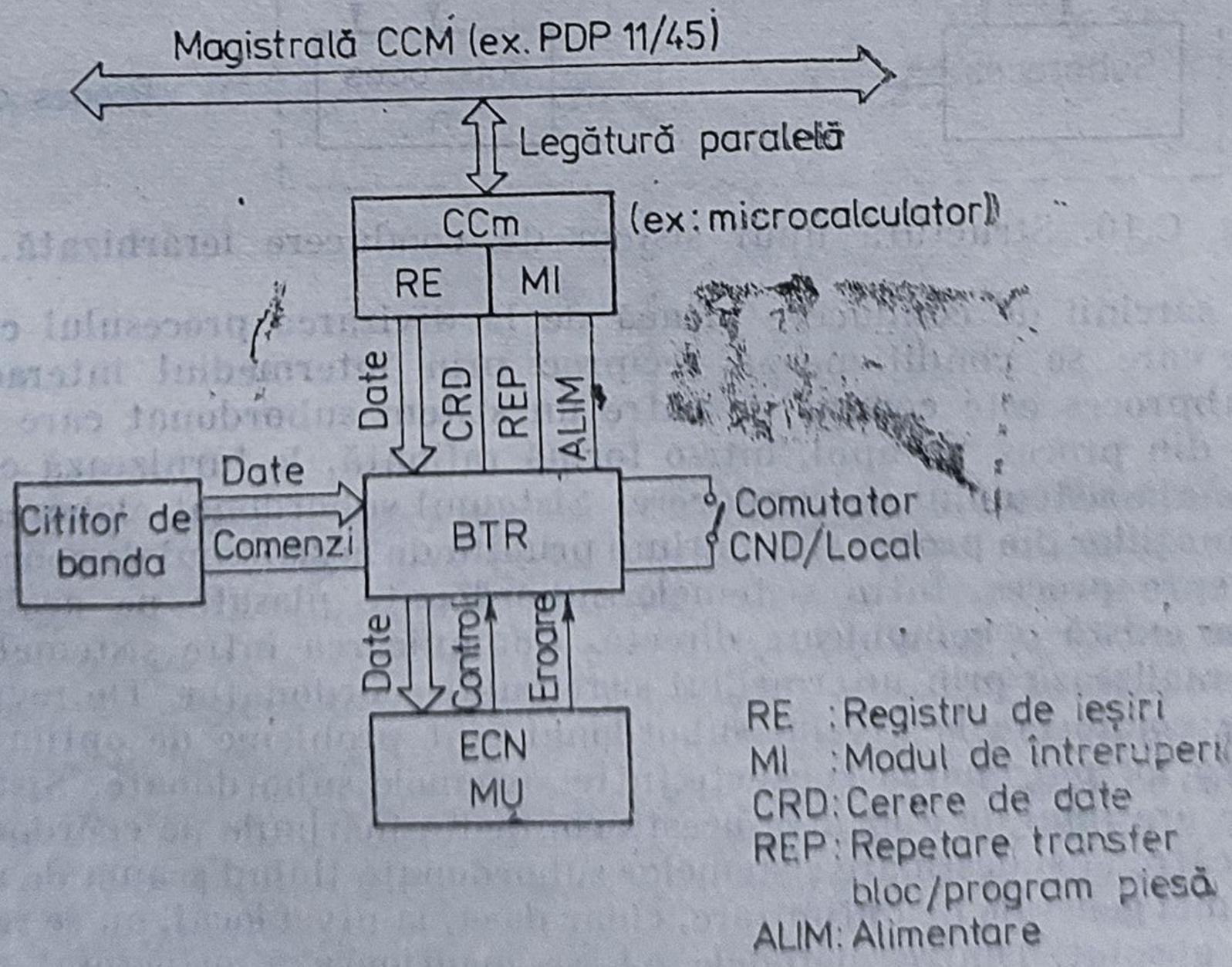


Fig. C.17. Sistem de comandă numerică directă a maşinilor unelte.

livrarea programelor piesă, cît și organizarea acestora într-o bibliotecă de programe; b) sistemul CND-BTR (Behind the Tape Reader), configurație în care datele pot fi introduse în echipamentele de comandă numerică fie de la calculator, fie de la un cititor de bandă portabil; astfel, căderea calculatorului nu atrage după sine întreruperea comenzii efective la mașinile unelte. În funcție de modul conectării la un calculator de capacitate mare (CCM) a calculatorului de capacitate mică (CCm) există sisteme CND-BTR paralel și serie (fig. C.17); c) sistemul CND ierarhic, sistem evoluat, bazat pe cuplarea unor configurații CND-BTR la un calculator supraordonat de capacitate mare, avînd drept scop supravegherea și conducerea fabricației relativ la o uzină sau la o linie complexă de producție.

conducere on-line, metodă de conducere caracterizată de conectarea la procesul condus (prin intermediul sistemului de interfață) a sistemului de conducere și de funcționarea în timp real a acestuia din urmă. În prezent, nu există sisteme de conducere off-line (în care calculatorul ce ajută la luarea de decizii nu este conectat la procesul condus, datele fiindu-i furnizate manual de către operator), deci nu se poate vorbi decît despre **c. o—l.** De altfel, actualele sisteme de conducere nu ar putea funcționa off-line fie numai și datorită absenței perifericelor clasice (lector de cartele, lector de bandă perforată) întîlnite la calculatoarele universale.

consola operatorului de proces (cop), element component al unui sistem de conducere a proceselor care facilitează comunicația între operatorul tehnolog și procesul condus. Există o distincție netă între consola operatorului calculatorului (sau sistemului de conducere), care servește la supravegherea funcționării corecte a sistemului de conducere, și **cop** este astfel realizată încît să nu fie necesară cunoașterea în detaliu de către operatorul tehnolog a structurii intime a sistemului de conducere. În practică rezultatele obținute cu o **cop** sînt cu atît mai bune cu cît influența sistemului de conducere propriu-zis asupra comunicației între operator și proces este mai slabă. **Cop** pot fi universale sau specializate. De regulă, **cop** universale sînt realizate prin utilizarea de dispozitive dotate cu tastatură și afișare pe tub catodic (monocrom sau color). **Cop** specializate sînt dedicate unui anumit proces și deci proiectate pentru a satisface cerințele impuse de acesta. Indiferent de tip, **cop** efectuează funcțiile de introducere și de extragere de date. Introducerea de date se realizează prin acționarea unei tastaturi, fie universală (în care caz adresarea, adică indicarea numelui parametrului introdus se formează prin acționarea uneia sau a mai multor taste), fie specializată (în care caz tastele poartă numele parametrilor ce pot fi adresați în mod direct). Capătă o răspîndire din ce în ce mai largă sistemele combinate de introducere de date care permit adresarea directă pentru parametrii de interes major și adresarea prin tastatură universală pentru ceilalți parametri. Extragerea datelor se face prin intermediul unor dispozitive de afișare cu diode electroluminescente, cu tuburi cu descărcări în gaze sau cu tuburi catodice (ordinea de enumerare corespunde ordinii de creștere a cantității de informație afișată). **Cop** ridică o serie de probleme, dificil de soluționat ca urmare a multitudinii de decizii ce trebuie luate privind gradul de specializare, viteza de lucru, complexitatea funcțională etc.

BIBLIOTECA DE FIZICĂ

constantă de timp, coeficientul termenilor în s care apar în expresiile factorizate ale funcțiilor de transfer

$$H(s) = K \frac{\prod_{i=1}^{m_1} (1 + T_i s) \prod_{j=1}^{m_2} (1 + 2\varsigma_j T_j s + T_j^2 s^2)}{s^\alpha \prod_{k=1}^{n_1} (1 + T_k s) \prod_{l=1}^{n_2} (1 + 2\varsigma_l T_l s + T_l^2 s^2)} = \frac{R(s)}{P(s)}$$

Se vede că produsele $T_r\, s$ ($r = i, j, k, l$) sînt adimensionale, deci

$$[T_r] = \frac{1}{[s]} = \text{secundă}$$

ceea ce îndreptățește denumirea de **c. de t.** dată constantelor T_r.

constituent al unității → formă canonică disjunctivă

constituent al zeroului → formă canonică conjunctivă

constructibilitate, proprietate fundamentală anticauzală a unui sistem ce definește posibilitatea de determinare a stării, pe baza informației furnizată de ieșirea sistemului. O stare x este τ-neconstructibilă dacă

$$C(s)\, \Phi(s, \tau) x = 0, \ \forall\, s \leqslant \tau$$

Condiția necesară și suficientă ca starea x să fie τ-neconstructibilă este

$$x \in Ker\ \overline{Q}(s, \tau)$$

unde

$$\overline{Q}(s, \tau) = \int_s^\tau \Phi^T(\sigma, \tau)\ C^T(\sigma)\, C(\sigma)\, \Phi(\sigma, \tau)\, d\sigma, \ s \leqslant \tau$$

se numește matricea de **c.** Un sistem liniar de variant este constructibil dacă nici o stare nu este τ-neconstructibilă, adică $Ker\ \overline{Q} = \{0\}$. La sistemele liniare și invariante proprietatea de **c.** este identică cu proprietatea de observabilitate.

contactor, dispozitiv de reglare electric discret, al cărui element de acționare este de tip electromagnet și care realizează deschiderea sau închiderea unui circuit electric, la comenzi realizate prin contactul unui buton sau al unui

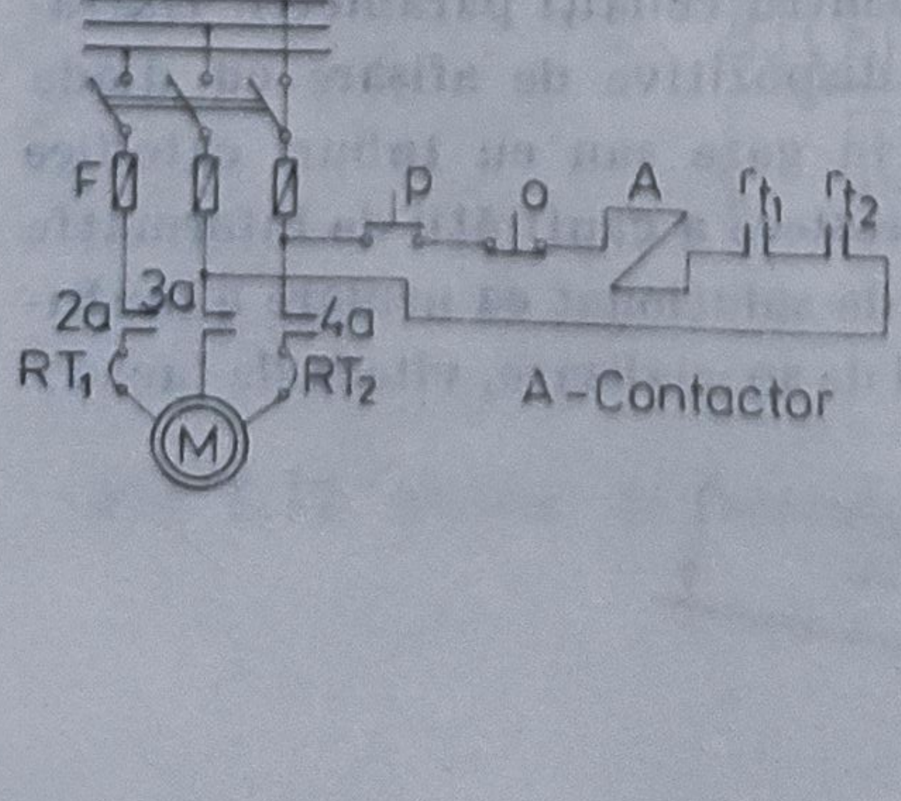


Fig. C.18. Utilizarea contactorului într-o schemă electrică.

releu. C. se acționează prin comandă locală sau de la distanță. C. au capacitate de rupere importantă și prezintă o rezistență mecanică la uzură; permit un număr mare de manevre cu o frecvență de conectare ridicată. Acționarea c. se face la tensiuni cuprinse între 24 și 500 V curent alternativ 50 Hz și între 24 și 220 V curent continuu ; c. sînt prevăzute cu contacte auxiliare normal închise și normal deschise (fi . C. 18).

control, ansamblu de operații destinat garantării înscrierii performanțelor unui produs (aparat, instalație, dispozitiv etc.) în limitele de toleranță admise. Operațiile de c. pot fi: *de tip*, cînd se efectuează la asimilarea produsului sau în cursul fabricației, cînd intervin schimbări ce pot afecta condițiile de funcționare, sau *de lot*, efectuate asupra produselor finite. Din alt punct de vedere, c. este *pasiv*, dacă se face numai la încheierea producției, sau *activ*, dacă se face în timpul desfășurării procesului de producție. Cele mai perfecționate forme de c. sînt cele de c. *activ*, prin → **metode statistice,** ce se bazează pe testarea unor eșantioane și prelucrarea off-line a datelor în vederea obținerii de concluzii referitoare la procesul global, și de c. *activ automat*, care permit organizarea procesului de control în timp real, pe baza unor criterii de verificare și testare programabile. Cele mai moderne instalații de c. automat sînt realizate în structuri de tip microprocesor, avînd mari facilități în programarea criteriilor de testare și în efectuarea calculelor de evaluare a performanțelor.

controlabilitate, proprietate anticauzală fundamentală a unui sistem, ce descrie posibilitățile de tranziție a unei faze (x,τ) în faza $(0, t)$ sub acțiunea mărimii de comandă $u(t)$. O stare x este τ-controlabilă dacă există $t > \tau$ și o funcție de comandă $\omega: [\tau, t] \rightarrow u$, astfel ca:

$$(x, \tau) \rightarrow (0, t)$$

Dacă orice stare $x \in X$ este τ-controlabilă, atunci se zice că sistemul este controlabil; condiția ca un sistem liniar variant să fie controlabil este ca matricea de c.

$$\mathcal{R}(\tau, t) = \int_{\tau}^{t} \Phi(\tau, \sigma)\, B(\sigma)\, B^T(\sigma)\, \Phi^T(\tau, \sigma)\, d\sigma$$

să fie pozitiv definită. În cazul sistemelor invariante, condiția de c. se formulează mai simplu, fiind identică cu condiția de accesibilitate: un sistem liniar și invariant este controlabil dacă și numai dacă

$$\mathcal{R} = \mathrm{Im}[B \;\; AB \;\; A^2B \ldots A^{n-1}B] = \mathrm{Im}\; R = \mathbb{R}^n$$

adică rang $R = n = dim\ X$. C. definește posibilitatea rezolvării problemei de alocare prin reacție după stare ($u = Fx$), deci de fapt definește posibilitatea de conducere a unui sistem prin reacție după stare.

controler, comutator cu acțiune multiplă, destinat să realizeze o succesiune de modificări a conexiunilor unor circuite de reglare sau de pornire a motoarelor (fig. C.19). În poziția *1* a reostatului de pornire de tip c., motorul este conectat la rețea cu toată rezistența în serie, iar în pozițiile de la *2* la *7* treptele de rezistență sînt scurtcircuitate în mod progresiv. C. pentru circuitele principale

racordate la cutii cu rezistenţe se folosesc pentru pornirea şi reglarea vitezei motoarelor electrice, pentru curenţi pînă la 100 A. Se deosebesc două tipuri: c. *cu tambur* şi c. *cu came*. C. pentru circuite secundare se folosesc pentru comutarea unor puteri mari, cu aparate de gabarit redus.

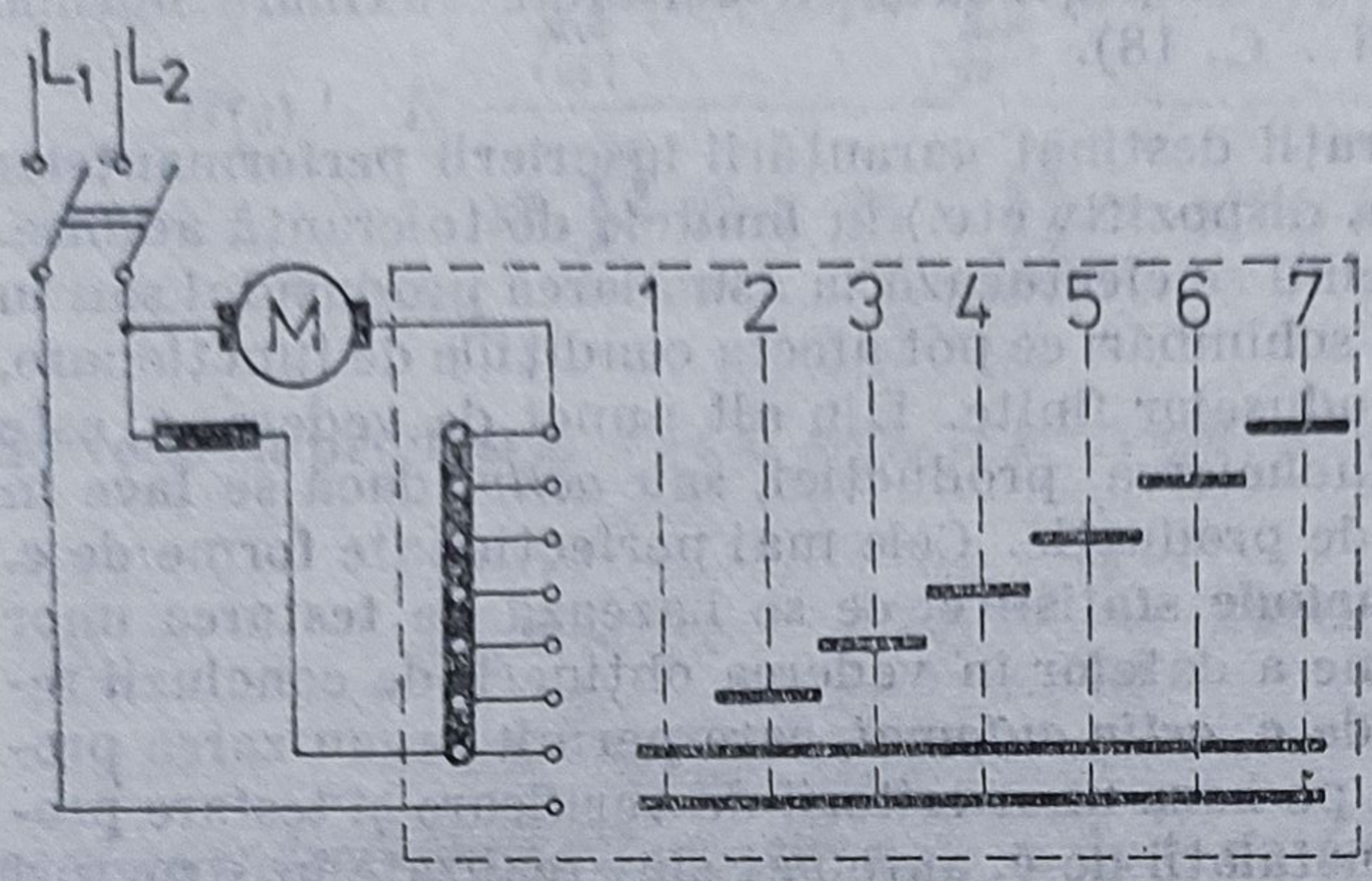


Fig. C.19. Utilizarea unui controler la pornirea motoarelor.

conturare (pe maşini-unelte), mod de lucru al maşinii-unelte în care există o legătură funcţională între deplasările organelor mobile care asigură traiectoria punctului (liniei) de interacţiune dintre scula aşchietoare şi piesă pe două sau mai multe axe ale maşinii-unelte. Un echipament pentru comanda de c. controlează atît traiectoria, cît şi viteza de deplasare pe această traiectorie, iar scula poate aşchia în timpul deplasării.

contur Nyquist, curba închisă din planul variabilei complexe $s = \sigma + j\omega$ care transformată prin $H(s)$, generează caracteristicile de frecvenţă ale acestei funcţii. **C.N.** se alege astfel încît să cuprindă tot semiplanul drept al variabilei s şi să lase în afara conturului polii funcţiei de transfer $H(s)$, aflaţi pe axa ima-

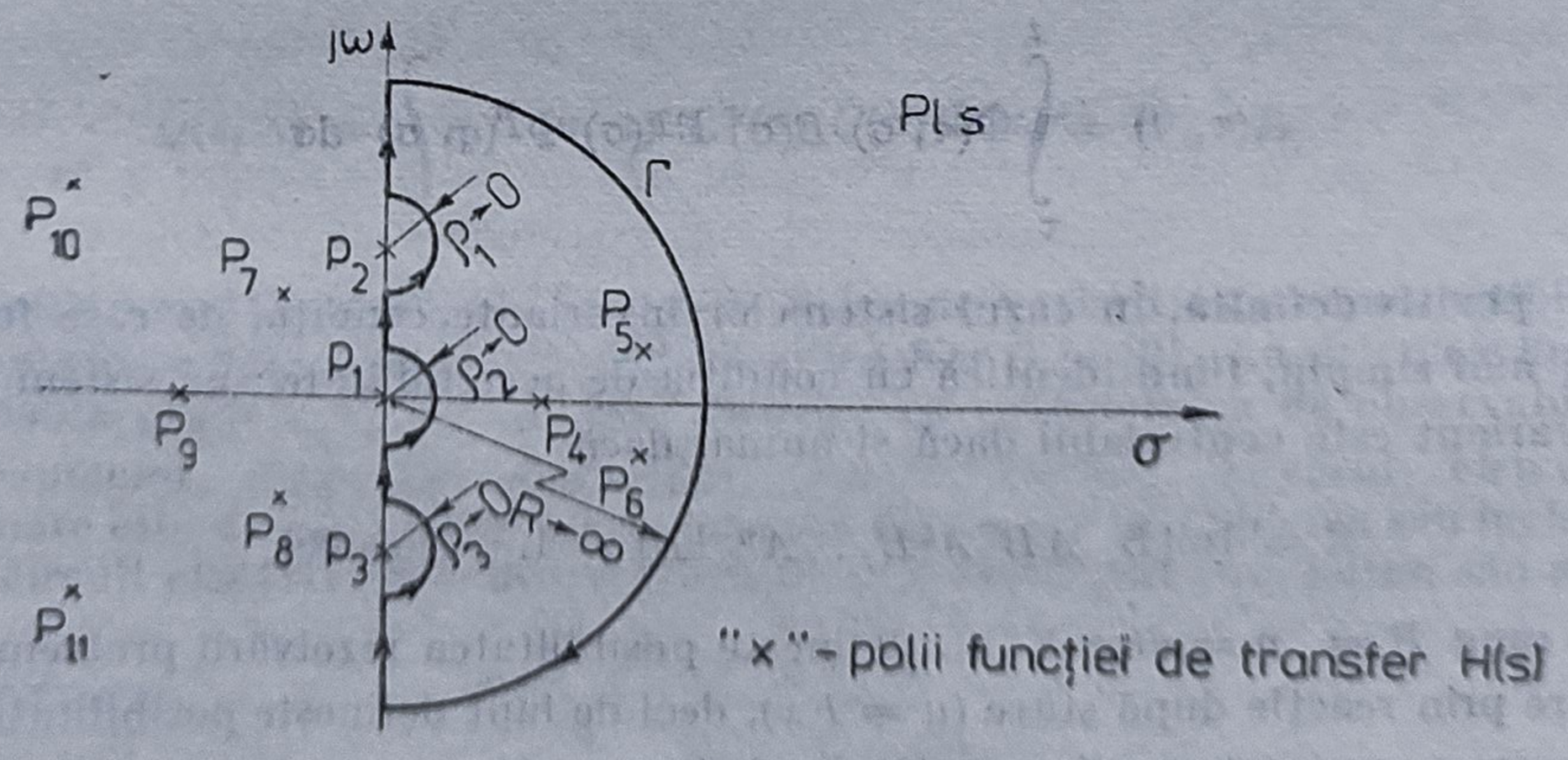


Fig. C.20. Contur Nyquist.

ginară (fig. C.20). Cum majoritatea punctelor c.N. se află pe axa imaginară, unde $s = j\omega$ şi deci $H(s)|_{s=j\omega} = H(j\omega)$, ω avînd semnificaţia pulsaţiei unui semnal armonic aplicat la intrarea sistemului descris de funcţia de transfer $H(s)$, se justifică denumirea de „caracteristici de frecvenţă" dată transformatelor acestui contur prin $H(s)$.

convertizor de frecvenţă, sursă de curent alternativ la care amplitudinea şi frecvenţa tensiunii de alimentare sînt reglabile după o lege de comandă, utilizată în mod frecvent pentru reglarea vitezei motoarelor asincrone prin modificarea frecvenţei tensiunii de alimentare. Gama cea mai largă de reglare a vitezei se obţine în cazul menţinerii constante a fluxului magnetic, atunci cînd se face o reglare de viteză în domeniul subsincron, şi prin menţinerea con

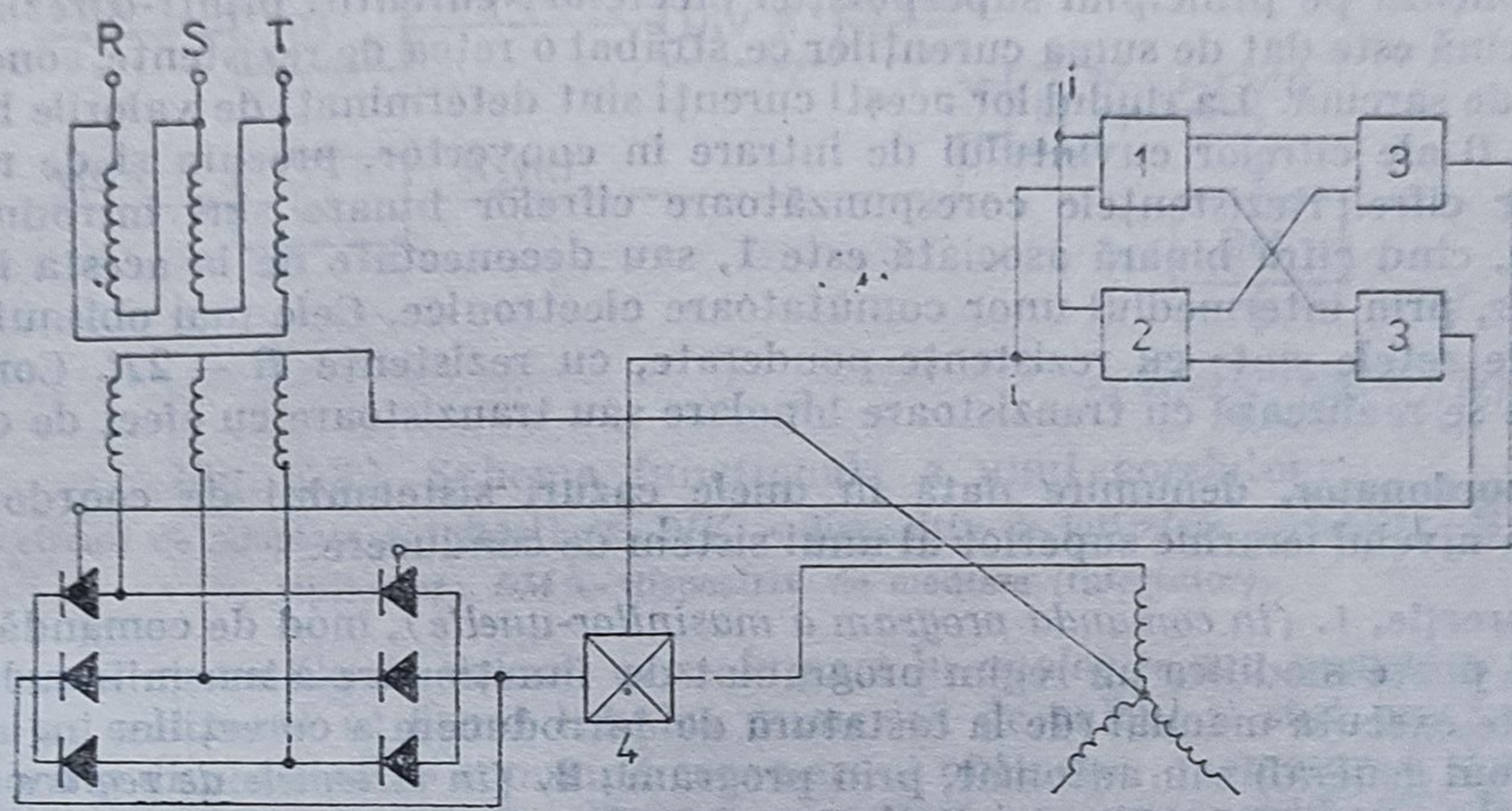


Fig. C.21. Schema electrică a unui convertizor de frecvenţă static direct
1 — regulator de curent; *2* — comutator static pentru cele două sensuri de rotaţie; *3* — amplificator de impuls; *4* — traductor de curent continuu.

stantă a tensiunii în domeniul suprasincron. În practică se utilizează două tipuri de **c. de f.**: *rotative sincrone sau asincrone* şi *statice*. **C. de f.** static (fără piese în mişcare) este construit cu circuite redresoare necomandabile şi comandabile, de putere. **C. de f.** statice sînt de mai multe tipuri: a) *static direct*, la care tensiunea alternativă de o anumită frecvenţă este transformată direct în tensiune alternativă de altă frecvenţă. În fig. C. 21 este reprezentat un **c. de f.** static direct pentru o singură fază a motorului reglat; b) *static indirect* (cu circuit intermediar de curent continuu), format dintr-un redresor ce transformă curentul alternativ în curent continuu şi dintr-un invertor ce transformă acest curent din nou în curent alternativ de înaltă frecvenţă. **C.de f.** statice indirecte sînt de două tipuri: cu circuit intermediar de tensiune variabilă şi cu circuit intermediar de tensiune constantă.

convertor analog-numeric, element utilizat la conversia semnalelor din formă analogică în formă numerică, în vederea prelucrării ulterioare prin mijloace numerice. Semnalele analogice de intrare ale **c.a.-n.** sînt, în mod obişnuit, tensiuni continue în gama 0...10 V sau −10...+10 V. Semnalele de ieşire din **c.a.-n.** sînt cuvinte cu numărul de biţi variind între 8 şi 20. În conducerea proceselor industriale acest număr este, de regulă, de 10 sau 12 biţi. **C.a.-n.** cele mai frecvent utilizate funcţionează pe principiul compensării automate. Tensiunii de intrare i se asociază o valoare numerică, care este apoi reconvertită în formă analogică. Valoarea numerică se ajustează automat, astfel încît să compenseze eroarea dintre tensiunea de intrare în **c.a.-n.** şi corespondentul analogic al valorii numerice de la ieşire. Modul de generare a valorii numerice determină tipurile de **c.a.-n.**: cu comparare multiplă, cu aproximări succesive, cu integrare cu pantă simplă, cu integrare cu pantă dublă. Principalele performanţe ale **c.a.-n.** sînt: liniaritatea, precizia, rezoluţia, viteza de lucru (timpul de conversie, frecvenţa de conversie), gama tensiunii de intrare.

convertor numeric-analogic, element utilizat la conversia semnalelor din formă numerică, emise de regulă de un sistem de calcul, în formă analogică. Semnalele numerice de intrare sînt cuvinte cu lungimi între 8 și 16 biți. În conducerea proceselor industriale acest număr este cuprins între 8 și 12 biți. Semnalele analogice la ieșirea **c.n.-a.** sînt fie tensiuni continue (în gama 0...10 V sau −10...+10 V), fie curenți continui (de ordinul miliamperilor). **C.n.-a.** funcționează pe principiul superpoziției efectelor: curentul printr-o rezistență de sarcină este dat de suma curenților ce străbat o rețea de rezistențe, conectată la cea de sarcină. La rîndul lor acești curenți sînt determinați de valorile binare 1 sau 0 ale cifrelor cuvîntului de intrare în convertor, precum și de rangul acestor cifre. Rezistențele corespunzătoare cifrelor binare sînt introduse în circuit, cînd cifra binară asociată este 1, sau deconectate de la acesta în caz contrar, prin intermediul unor comutatoare electronice. Cele mai obișnuite tipuri de rețele sînt: cu rezistențe ponderate, cu rezistențe $R - 2R$. Comutatoarele se realizează cu tranzistoare bipolare sau tranzistoare cu efect de cîmp.

coordonator, denumire dată în unele cazuri sistemului de coordonare, aflat la nivelul ierarhic superior al unui sistem de conducere.

corecție, **1.** *(în comanda program a mașinilor-unelte)*, mod de comandă prin care se poate modifica un regim programat de funcționare a mașinii-unelte. **C.** se poate executa manual (de la tastatura de introducere a corecțiilor înglobată în panoul general) sau automat, prin program; **2.** *(în sistemele de reglare automată)*, operație prin care se realizează modificarea caracteristicilor dinamice ale unui sistem de reglare automată în ideea satisfacerii unor performanțe dinamice și staționare aprioric impuse. Modificarea performanțelor dinamice este realizată fie prin modificarea unor parametri ce caracterizează structura dată (coeficienți de amplificare, constante de timp), fie prin modificări de structură aduse sistemului. În funcție de locul ocupat de elementul corector în cadrul sistemului de reglare, rezultă: **c.** *serie*, la care elementul corector este cuplat serie pe calea directă, și **c.** *paralel*, în cazul în care elementul corector este fixat pe reacția inversă globală (utilizarea unei reacții elastice) sau paralel cu unul din elementele sistemului de reglare. De asemenea, se întîlnesc **c.** combinate prin utilizarea simultană a celor serie și paralel. Prin **c.** serie se introduc suplimentar semnale proporționale cu derivata erorii sau (și) cu integrala erorii. Utilizarea unor componente derivative, în general micșorează timpul de reglare, dar mărește banda de trecere, influențînd negativ comportarea sistemului în prezența unor semnale perturbatoare de natură aleatoare. Componenta integrală ameliorează comportarea în regim staționar, dar înrăutățește condiția de stabilitate, sporind implicit suprareglajul. Utilizarea corectoarelor paralel, prin reacții rigide, conduce la ameliorarea timpului de răspuns, iar prin reacții elastice la ameliorarea suprareglajului. Structura și parametrii dispozitivelor de **c.** se obțin, în general, prin sinteza pe locul geometric al rădăcinilor sau pe caracteristici de frecvență. **C.** sistemelor poate fi asigurată în situații speciale prin utilizarea unor corectoare externe buclei de reglare care să realizeze prelucrări ale unor semnale perturbatoare sau de mărime prescrisă, asigurînd reacții corespunzătoare (reacții de confundare).

corecție de sculă, deplasare a originii sistemului de măsurare cu o mărime și un sens determinate, față de o traiectorie programată, cu scopul de a compensa uzura sau modificarea unei dimensiuni a sculei (de ex., provenite din reascuțire), sau pentru a permite degroșarea și finisarea succesivă a unei piese. **C. de s.** asigură o deplasare reală a centrului sculei pe o traiectorie paralelă cu cea programată, la o distanță care în modul este egală cu valoarea programată a unui vector de corecție. Semnele coordonatelor vectorului de corecție sînt

impuse de poziția profilului programat (cadranul în care se află punctul final) și de poziția sculei în timpul prelucrării (la dreapta sau la stînga piesei). **C. de s.** cele mai întîlnite sînt de rază (diametru) și de lungime.

corelator, aparat care permite calculul → **funcțiilor de autocorelație** sau de *inter corelație*. Schema funcțională a unui **c.** este reprezentată în fig. C. 22. Prin aplicarea la ambele intrări a aceluiași semnal $x(t)$ rezultă funcția de auto corelație $R_{xx}(\tau)$. După caracterul semnalelor și dispozitivelor cu care se

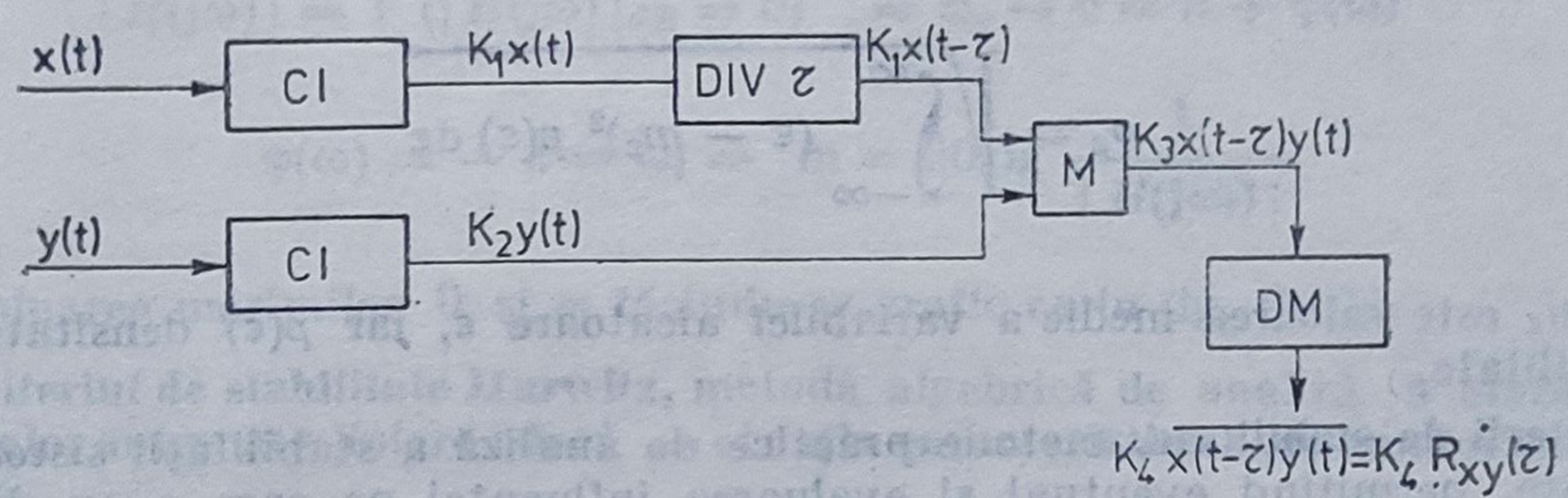


Fig. C.22. Schema funcțională a unui corelator:
CI — circuit de adaptare a intrărilor; *DIV* — dispozitiv de întîrziere variabilă; *M* — multiplicator; *DM* — dispozitiv de mediere (integrator).

efectuează operațiile de calcul, **c.** se împart în *analogice* sau *numerice*. **C.** moderne se realizează utilizînd tehnica numerică de calcul și sînt prevăzute cu memorii și dispozitive de comandă care permit obținerea, memorarea și afișarea automată a tuturor valorilor $R_{xx}(\tau)$ sau $R_{xy}(\tau)$ pentru $\tau \in [0, T]$. În automatizări, **c.** își găsesc aplicații la identificarea proceselor, la filtrarea perturbațiilor, în sisteme optimale și autoadaptive cu semnale de test, la măsurarea anumitor parametri ce pot fi exprimați prin intermediul unor timpi de propagare.

criterii de calitate ale sistemelor automate, totalitatea indicilor cantitativi capabili de a permite estimarea bunei funcționări a unui sistem de reglare automată. Criteriile pot fi separate în două mari grupe: *criterii integrale* (cele mai utilizate, avînd un caracter de universalitate), a căror valoare este folosită ca măsură a calității sistemului automat considerat; *criterii locale*, caracterizînd punctual performanțe ale sistemului automat în raport de structura și parametrii săi. Dintre criteriile locale, cele cu largă utilizare sînt: valoarea de suprareglaj, timpul de creștere, timpul de întîrziere, timpul tranzitoriu, pulsația de bandă. Dintre criteriile integrale, cel mai des utilizat este criteriul integral generalizat

$$I = \int_0^{t_f} f(x)\, dt$$

în care $f(x)$ reprezintă o funcție specificată, dependentă de variabile ce caracterizează dinamic sistemul dat, iar t_f este timpul de transfer din x_0 în $x(t_f)$ dați. În funcție de tipul ales pentru funcția $f(x)$ se disting următoarele criterii:

1) $f(x) = 1$ ($I = \int_0^{t_f} dt$ — reprezentînd timpul tranzitoriu);

2) $f(\varepsilon) = \varepsilon(t)$ sau $f(\varepsilon) = |\varepsilon(t)|$ — criteriul asociat integralei erorii sau integralei modulului erorii;

3) $f(\varepsilon) = \varepsilon^2(t)$ — criteriul integral pătratic după eroare.

În cazul în care asupra sistemului acționează perturbații aleatoare, criteriile menționate nu mai sînt eficiente și se introduc criterii de calitate diferite, care țin cont de variația aleatoare a mărimilor de ieșire sau de eroare. Unul din indicii cantitativi utilizați îl reprezintă eroarea medie pătratică

$$\sigma_\varepsilon = \sqrt{\int_{-\infty}^{\infty} (\varepsilon - m_\varepsilon)^2 \, p(\varepsilon) \, d\varepsilon}$$

unde m_ε este valoarea medie a variabilei aleatoare ε, iar $p(\varepsilon)$ densitatea de probabilitate.

criterii de stabilitate, metode practice de analiză a stabilității sistemelor automate, permițînd eventual și evaluarea influenței pe care o au diverși parametri ai sistemului asupra stabilității acestuia. **C. de s.** sînt specifice diverselor clase de sisteme (liniare continui, liniare discrete, neliniare) și, de asemenea, se diferențiază prin modul în care se aplică; **c. de s.** *analitice* (**c. de s.** *Routh*, **c. de s.** *Hurwitz*, **c. de s.** *Schur-Cohn*, **c.de s.** *Routh-Hurwitz*, **c. de s.** *Loeb*), respectiv **c. de s.** *de frecvență (grafo-analitice*—**c. de. s.** Nyquist, **c. de s.** *Nyquist cu punct mișcător*, **c. de s.** *Bode*, **c. de s.** *Leonhard-Mihailov*).

criteriul de stabilitate Bode, procedeu bazat pe transpunerea → **criteriului de stabilitate Nyquist** restrîns la caracteristicile logaritmice de frecvență ale funcției de transfer $H(s)$ a căii directe; ca urmare acest criteriu este aplicabil numai siste-

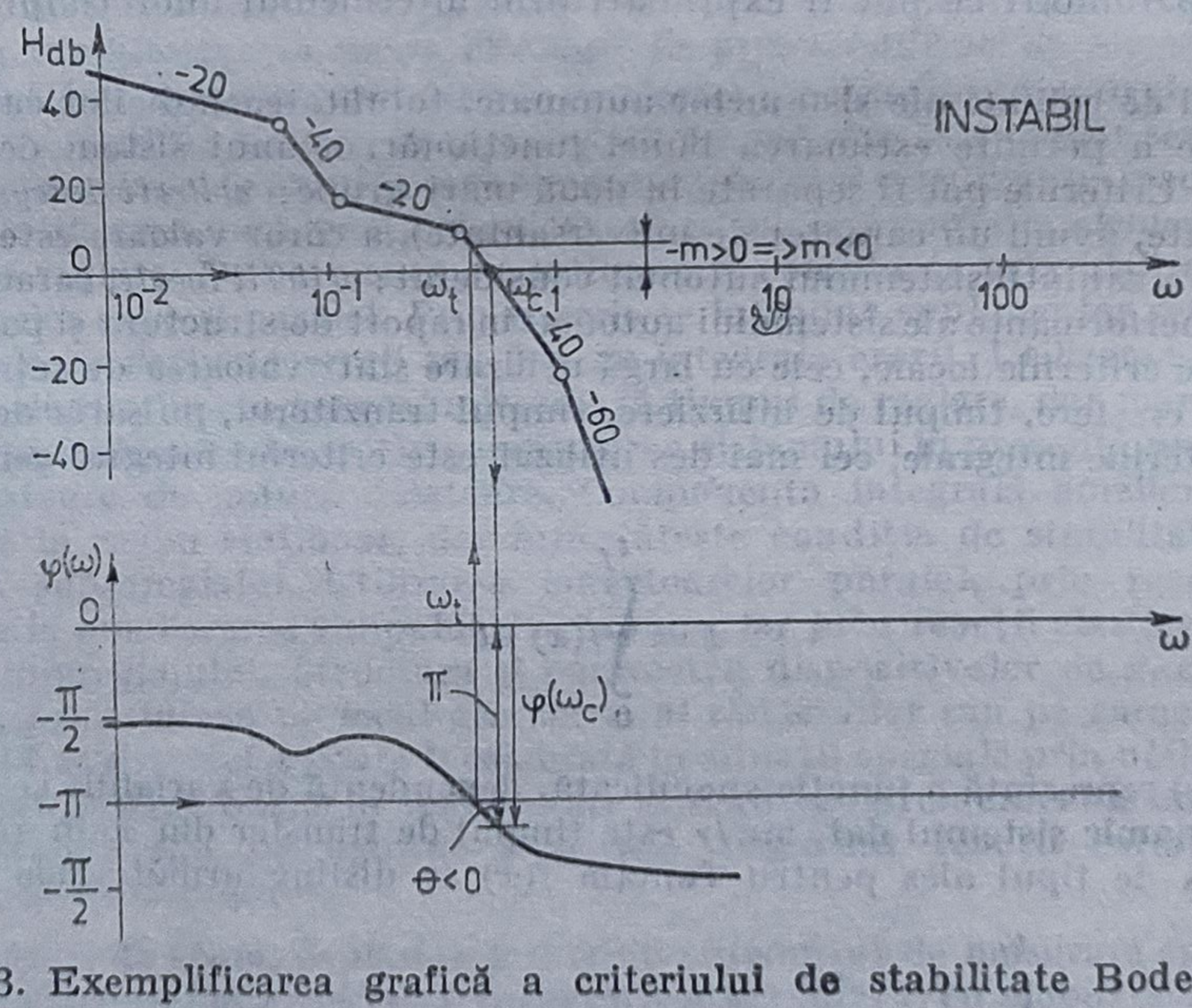


Fig. C.23. Exemplificarea grafică a criteriului de stabilitate Bode.

melor automate liniare avînd pe calea directă o funcție de transfer $H(s)$ stabilă (fără poli în interiorul → **conturului Nyquist**). Un sistem automat liniar este

strict stabil dacă → **marginea de fază** θ și → **marginea de amplitudine** m sînt pozitive. Dacă $\theta = 0$, sistemul este la limita de stabilitate, iar dacă θ sau m sînt negative sistemul automat liniar este instabil. Dacă $H(s)$ este de → **fază minimă** este suficient să se verifice condiția de stabilitate numai pe θ sau pe m. **C. de s. B.** este prin excelență un criteriu grafic, adică nu este necesară rezolvarea analitică a ecuațiilor

$$|H(j\omega)| = 1 \quad (|H(j\omega)|_{dB} = 0) \quad \Rightarrow \omega_c \rightarrow \theta = \pi + \varphi(\omega)$$

$$\varphi(\omega) = -\pi \Rightarrow \omega_t \Rightarrow \quad m = 20 \lg \frac{1}{|H(j\omega_t)|}$$

determinarea mărimilor θ și m făcîndu-se grafic ca în fig. C. 23.

criteriul de stabilitate Hurwitz, metodă algebrică de analiză a stabilității sistemelor automate liniare; dacă → **ecuația caracteristică** a sistemului automat este

$$X(s) = a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + a_{n-2} s^{n-2} + \ldots + a_2 s^2 + a_1 s + a_0 = 0:$$
$$a_n > 0$$

se formează matricea Hur witz, H, a coeficienților, în care se evidențiază minoi Hurwitz H_i: $i = \overline{1, n}$

$$H = \begin{array}{c} \begin{array}{cccccccc} H_1 & H_2 & H_3 & & H_{n-2} & H_{n-1} & H_n \end{array} \\ \left|\begin{array}{ccccccc} a_{n-1} & a_{n-3} & a_{n-5} & \cdots & 0 & 0 & 0 \\ a_n & a_{n-2} & a_{n-4} & \cdots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & a_{n-1} & a_{n-3} & \cdots & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & a_2 & a_0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & a_3 & a_1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & a_4 & a_2 & a_0 \end{array}\right| \end{array}$$

cu care **c. de s. H.** se enunță astfel:

a) un sistem automat liniar este strict stabil dacă

$$\det H_i > 0 \qquad i = \overline{1, n}$$

b) un sistem automat liniar este la limită de stabilitate dacă există H_k cu

$$\det H_k = 0$$

și

$$\det H_i > 0, \quad \forall i \neq k$$

c) un sistem automat liniar este instabil dacă există cel puţin un minor H_j cu

$$\det H_j < 0$$

C. de s. H. este uşor de aplicat, dar nu permite compararea sistemelor automate stabile între ele, din punctul de vedere al gradului de stabilitate.

criteriul de stabilitate Leonhard-Mihailov, procedeu de analiză a stabilităţii unui sistem automat liniar pe baza hodografului polinomului caracteristic X(s): acest hodograf se obţine făcînd $s = j\omega$, $\omega \geqslant 0$ cînd

$$X(s)|_{s=j\omega} = X(j\omega) = M_0(\omega) + jN_0(\omega)$$

şi trasarea se face, practic, prin intersecţia cu axele. În cazul în care $a_0 = X(0) > 0$ şi $n = \partial[X(s)]$, **c. de s. L-M.** se enunţă astfel: a) sistemul automat liniar este strict stabil dacă hodograful polinomului caracteristic parcurge în sens trigonometric n cadrane; b) sistemul automat liniar este la limită de stabilitate dacă există $\omega_x > 0$ astfel încît $X(j, \omega_x) = 0 + j0$; c) sistemul automat liniar este instabil dacă nu se îndeplinesc condiţiile a) sau b). În fig. C. 24 se reprezintă poziţia hodografului pentru $n = 3$, corespunzînd condiţiilor *a,b,c.*

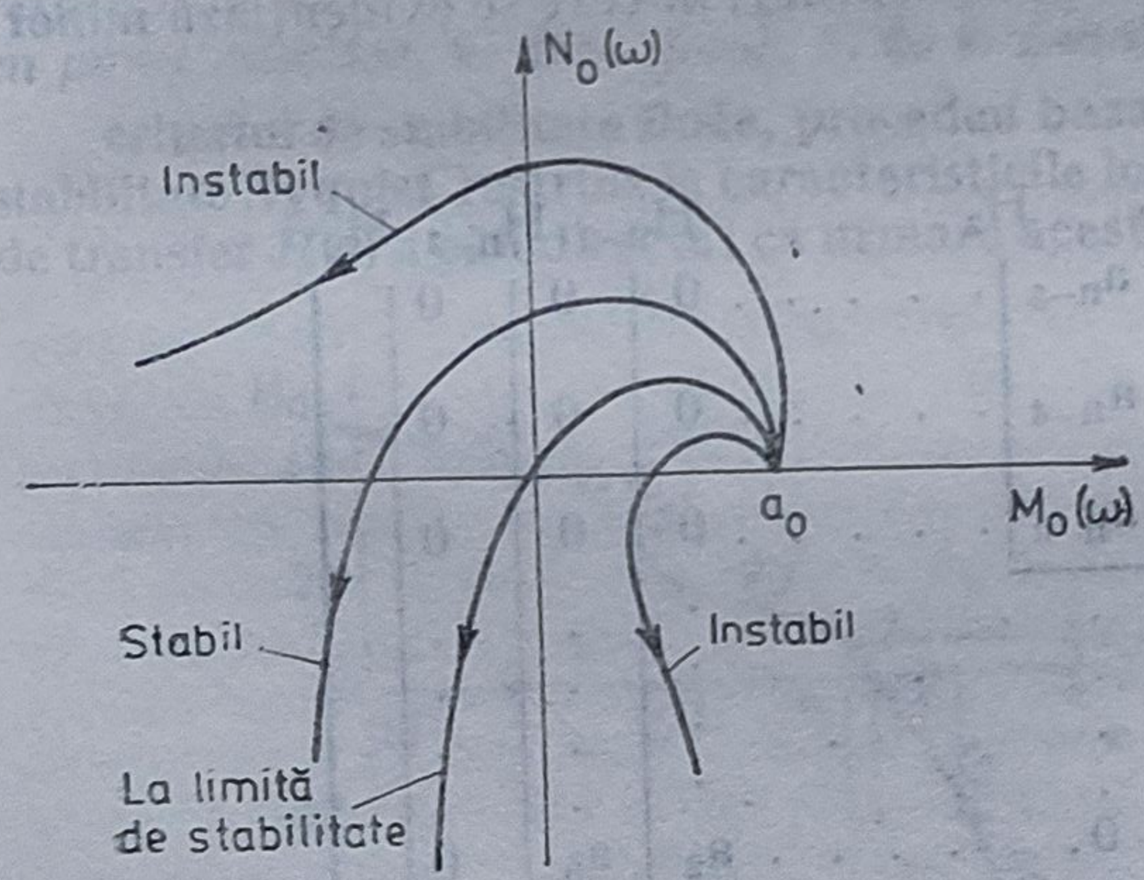


Fig. C.24. Exemplificarea grafică a criteriului de stabilitate Leonhard-Mihailov.

criteriul de stabilitate Loeb, metodă de apreciere a stabilităţii oscilaţiilor sistemelor automate neliniare, avînd structura din fig. C.26, pe cale analitică. Notînd

$$H(j\omega) = M(\omega) + jN(\omega)$$

$$-\frac{1}{N(\varepsilon)} = P(\varepsilon) + jQ(\varepsilon)$$

condiţia necesară de existenţă a oscilaţiilor este ca sistemul

$$\begin{cases} M(\omega) = P(\varepsilon) \\ N(\omega) = Q(\varepsilon) \end{cases}$$

să aibă cel puţin o soluţie (ω,ε) care reprezintă un punct critic notat $A(\omega_A,\varepsilon_A)$. **C. de s. L.** afirmă că punctul $A(\omega_A, \varepsilon_A)$ este un punct de instabilitate stabilă, dacă şi numai dacă,

$$\left[\frac{\partial M(\omega)}{\partial \omega}\cdot\frac{\partial Q(\varepsilon)}{\partial \varepsilon}-\frac{\partial N(\omega)}{\partial \omega}\cdot\frac{\partial P(\varepsilon)}{\partial \varepsilon}\right]_{A(\omega_A,\varepsilon_A)}>0$$

şi de instabilitate instabilă dacă membrul stîng este mai mic decît zero.

criteriul de stabilitate Nyquist, modalitate de apreciere a stabilităţii sistemelor automate liniare, pe baza → **caracteristicii modul-fază (hodograf)** a funcţiei de transfer $H(s)$ de pe calea directă a sistemului automat, după cum urmează: a) un sistem automat liniar este strict stabil dacă hodograful funcţiei de transfer $H(s)$ înconjoară punctul critic $(-1, j0)$, în sens antiorar, de un număr de ori egal cu numărul de poli pe care $H(s)$ îi are în semiplanul drept (în interiorul→ **conturului Nyquist)**; b) un sistem automat liniar este la limită de stabilitate (funcţionează cu oscilaţii de amplitudine constantă) dacă hodograful funcţiei de transfer $H(s)$ trece prin punctul critic $(-1, j0)$; cazurile a) şi b) corespund unui sistem automat stabil; c) un sistem automat liniar este instabil dacă hodograful funcţiei de transfer $H(s)$ nu îndeplineşte condiţia a) sau b). În cazul în care $H(s)$ nu are poli în semiplanul drept, **c. de s. N.** se numeşte *restrîns* şi formularea lui se deduce imediat prin particularizare din **c. de s. N.** *generalizat* enunţat anterior: pentru ca sistemul automat să fie strict stabil, hodograful funcţiei de transfer $H(s)$ nu trebuie să înconjoare punctul critic $(-1, j0)$, (fig C. 25). **C. de s. N.,** ca de altfel toate criteriile de frecvenţă, permite aprecierea gradului de stabilitate a sistemului automat liniar: în primă aproximaţie acesta este definit de mărimile → **margine de fază** (θ) şi/sau → **margine de amplitudine** (m) ce caracterizează poziţia hodografului faţă de punctul critic $(-1, j0)$. Se vede că pentru ca sistemul automat liniar să fie stabil trebuie ca $\theta > 0$, $m > 0$, mărimea lor caracterizînd gradul de stabilitate al acestuia. Caracterizarea exactă a gradului de stabilitate se poate face însă numai pe baza → **diagramelor Black.**

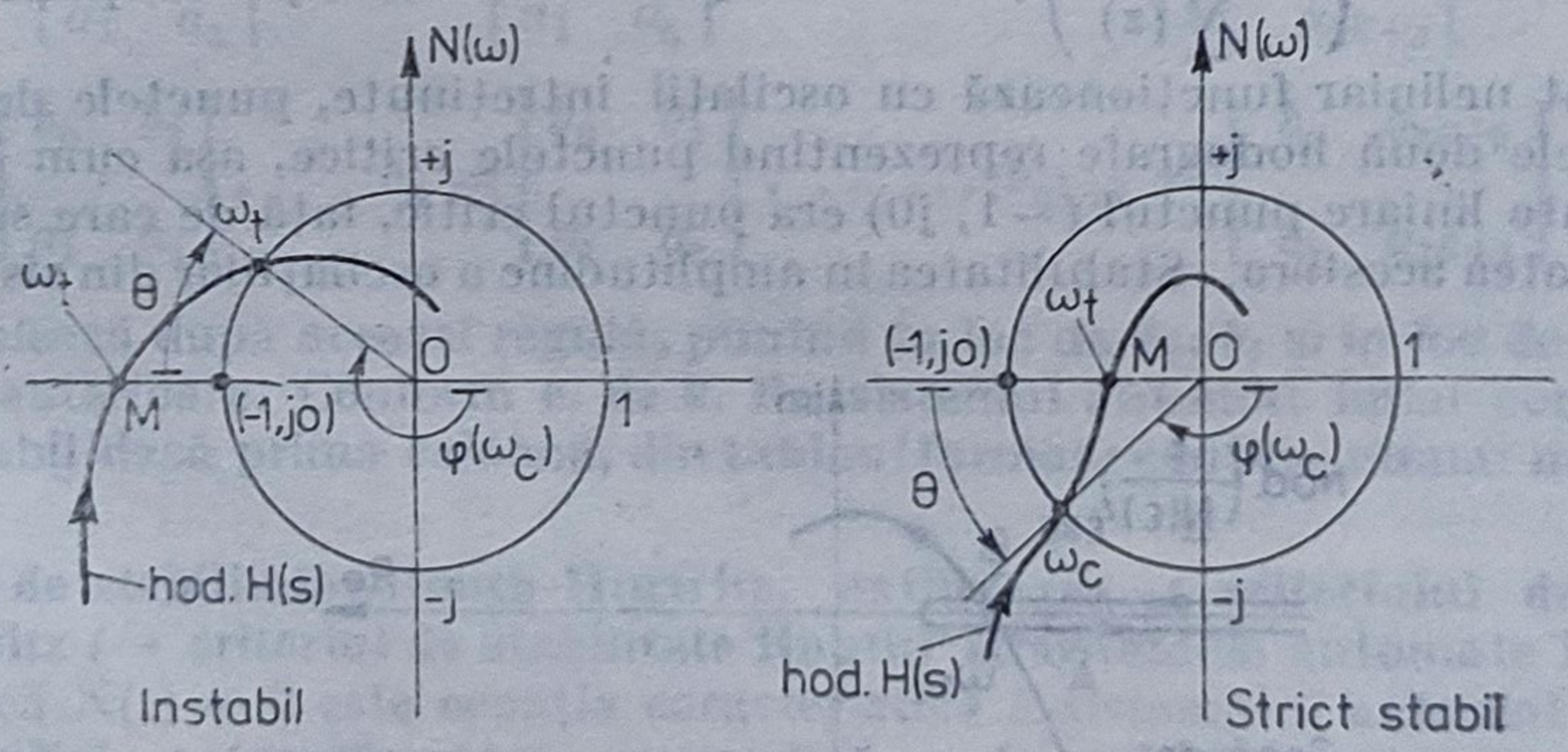


Fig. C.25. Exemplificarea grafică a criteriului de stabilitate Nyquist.

criteriul de stabilitate Nyquist cu punct mişcător, reprezintă extinderea criteriului de stabilitate Nyquist la analiza stabilităţii oscilaţiilor dintr-un sistem automat neliniar avînd structura din fig. C.26, sau care poate fi redus la această structură. Se presupune deci, a priori că „partea neliniară şi cea liniară sînt separabile" (fig. C.26, *a*) pentru care în fig. C.26, *b* se reprezintă schema func-

ţională echivalentă cînd $y_{ref} \equiv 0$. Admiţînd că sistemul automat funcţionează cu oscilaţii întreţinute, partea neliniară se caracterizează în acest regim prin → **funcţia de descriere**

$$\underline{N}(\varepsilon, \omega) = N_R(\varepsilon,\omega) + jN_I(\varepsilon,\omega)$$

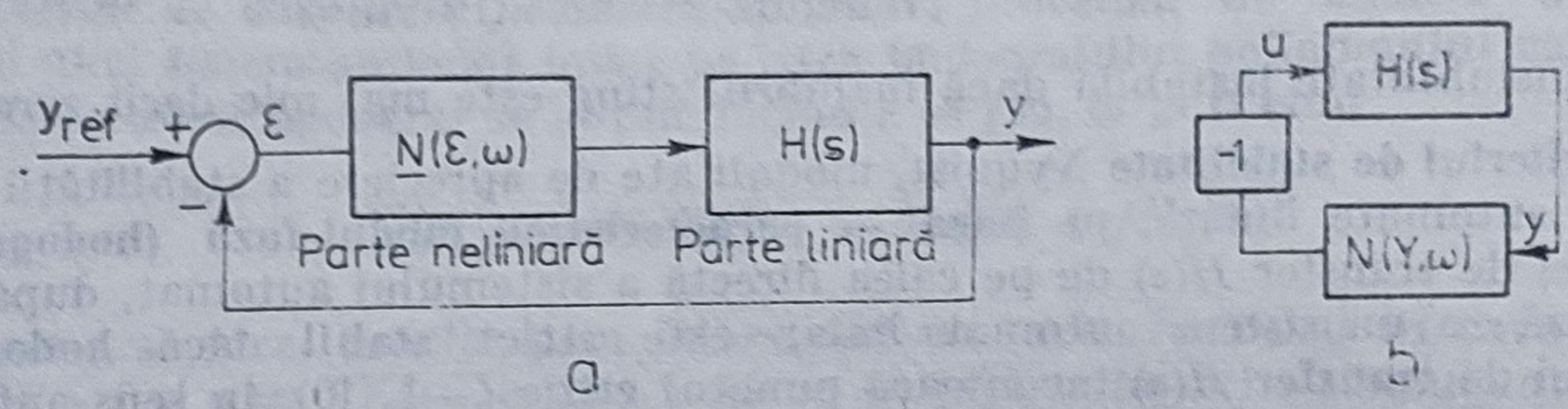


Fig. C.26. Echivalări structurale pentru interpretarea stabilităţii sistemelor neliniare.

şi partea liniară prin $H(j\omega)$, unde ε reprezintă amplitudinea oscilaţiei aplicată părţii neliniare, iar ω, pulsaţia fundamentală a acesteia. Condiţia de funcţionare cu oscilaţii a sistemului automat neliniar este

$$1 + \underline{N}(\varepsilon,\omega) \cdot H(j\omega) = 0$$

care se scrie astfel:

$$H(j\omega) = -\frac{1}{\underline{N}(\varepsilon, \omega)}$$

Se consideră că $H(s)$ este stabilă (interpretarea se va face cu → **criteriu de stabilitate Nyquist** restrîns) şi neliniaritatea este statică, deci N este funcţie numai de ε. Atunci dacă există intersecţie între hodograful părţii liniare şi hodograful lui $\left(-\frac{1}{\underline{N}(\varepsilon)}\right)$ (trasat în raport cu $\varepsilon > 0$), se poate spune că sistemu automat neliniar funcţionează cu oscilaţii întreţinute, punctele de intersecţie între cele două hodografe reprezentînd punctele critice, aşa cum la sistemele automate liniare punctul $(-1, j0)$ era punctul critic, faţă de care se interpreta stabilitatea acestora. Stabilitatea în amplitudine a oscilaţiilor din sistemul auto-

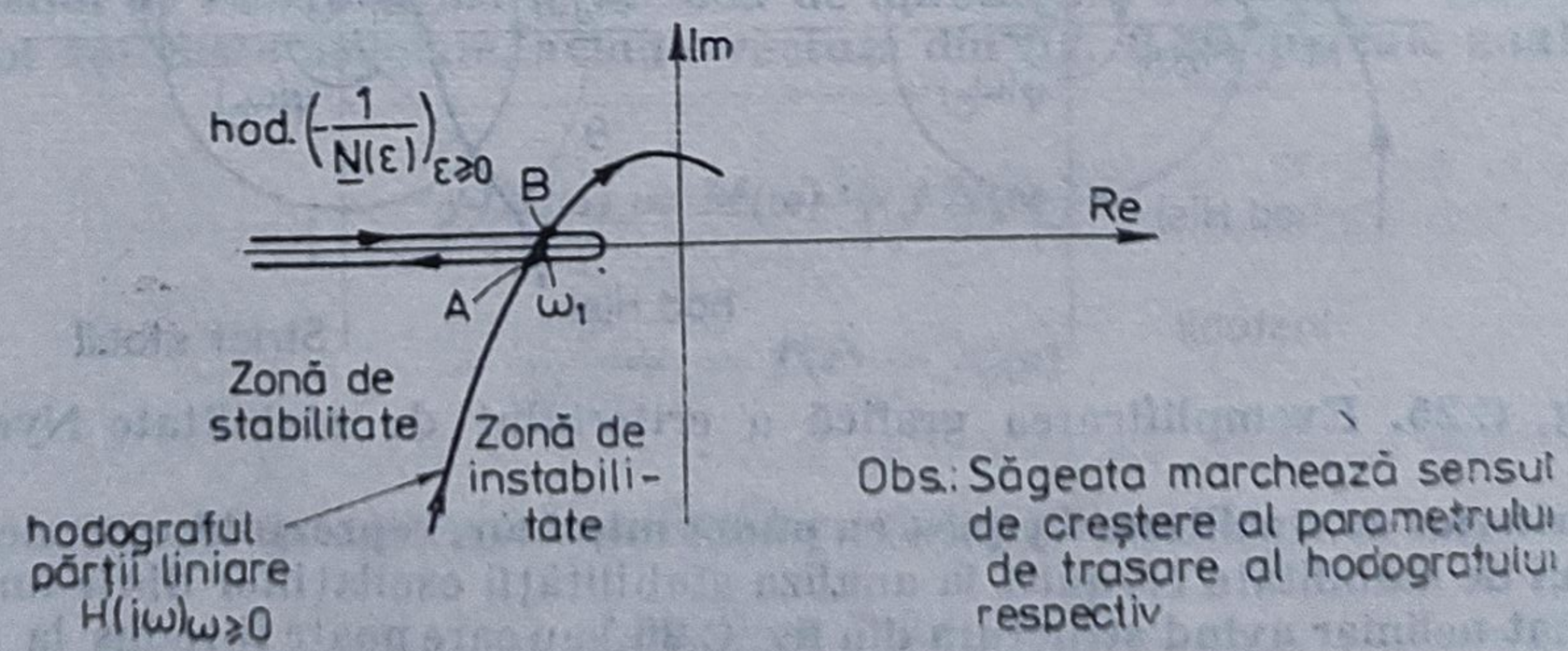


Fig. C.27. Exemplificarea grafică a criteriului de stabilitate Nyquist cu punct mişcător.

mat neliniar, se face pe baza poziției relative a hodografului părții liniare $H(j\omega)$ față de punctul critic analizat, cînd datorită perturbațiilor, sistemul este scos din punctul critic. Terminologia uzuală este: punct de instabilitate stabilă, dacă sistemul are tendința de a păstra constantă amplitudinea oscilațiilor (punctul A din fig. C.27), respectiv instablitate instabilă, dacă orice perturbație, oricît de mică, scoate sistemul din acest punct de funcționare (punctul B din fig. C.27). Intersecția este în două puncte diferite pentru că parametrii de intersecție sînt diferiți: $A(\varepsilon_A, \omega_1)$, $B(\varepsilon_B, \omega_1)$. Dacă nu există intersecție între cele două hodografe, **c. de s. N. cu p.m.** nu poate fi aplicat.

criteriul de stabilitate Routh, procedeu algebric de analiză a stabilității sistemelor automate liniare continui avînd ecuația caracteristică

$$X(s) = a_0 s^n + a_1 s^{n-1} + a_2 s^{n-2} + \ldots + a_{n-2} s^2 + a_{n-1} s + a_n = 0$$

Formînd tabloul

$$\begin{array}{|cccc}
\hline
a_0 & a_2 & a_4 & a_6 \ldots\ldots \\
a_1 & a_3 & a_5 & a_7 \ldots\ldots \\
b_0 & b_2 & b_4 & b_6 \ldots\ldots \\
b_1 & b_3 & b_5 & b_7 \ldots\ldots \\
c_0 & c_2 & c_4 & c_6 \ldots\ldots \\
c_1 & c_3 & c_5 & c_7 \ldots\ldots \\
\cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\
\cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\
\cdot & \cdot & \cdot & \cdot
\end{array}$$

în care a_i sînt coeficienții ecuației caracteristice, b_i se calculează succesiv cu relațiile:

$$b_0 = \begin{vmatrix} a_0 & a_2 \\ a_1 & a_3 \end{vmatrix}, \quad b_2 = \begin{vmatrix} a_0 & a_4 \\ a_1 & a_5 \end{vmatrix}, \ldots\ldots, b_{2k} = \begin{vmatrix} a_0 & a_{2k+2} \\ a_1 & a_{2k+3} \end{vmatrix}$$

$$b_1 = \begin{vmatrix} b_0 & b_2 \\ a_1 & a_3 \end{vmatrix}, \quad b_3 = \begin{vmatrix} b_0 & b_4 \\ a_1 & a_5 \end{vmatrix}, \ldots\ldots, b_{2k+1} = \begin{vmatrix} b_0 & b_{2k+2} \\ a_1 & a_{2k+3} \end{vmatrix}$$

iar c_i se calculează după aceeași regulă, punînd în loc de a_i, b_i și în loc de b_j, c_j în formulele anterioare. Conform **c. de s. R.**, sistemul automat liniar continuu este strict stabil dacă prima coloană, din tabloul format, conține numai numere pozitive.

criteriul de stabilitate Routh-Hurwitz, extinderea → **criteriului de stabilitate Hurwitz (→ criteriul de stabilitate Routh)** la sistemele automate liniare discrete; dacă $X(z) = 0$ este ecuația caracteristică a sistemului automat liniar discret, se aplică o transformare omografică ce transferă interiorul cercului de rază unitară cu centrul în origine, în semiplanul stîng al unei variabile complexe. Transformările omografice utilizate în mod curent sînt transformata r

$$z = \frac{r+1}{r-1}, \quad r \in \mathbb{C}$$

sau transformata w

$$z = \frac{1 + w}{1 - w}, \quad w \in \mathbb{C}$$

De ex., pentru transformata w se obține ecuația caracteristică

$$X(w) = X(z)\Big|_{z = \frac{1+w}{1-w}} = 0$$

pentru care se aplică → **criteriul de stabilitate Hurwitz** sau → **criteriul de stabilitate Routh** de la sistemele automate continue.

criteriul de stabilitate Schur-Cohn, metodă de analiză a stabilității sistemelor automate liniare discrete pe cale algebrică; dacă ecuația caracteristică a sistemului liniar discret este

$$X(z) = a_n z^n + a_{n-1} z^{n-1} + \ldots + a_2 z^2 + a_1 z + a_0 = 0, \quad a_n \neq 0$$

se formează determinații

$$\Delta_k = \left|\begin{array}{cccc|cccc} a_0 & 0 & 0 \ldots & 0 & a_n & a_{n-1} & a_{n-2} \ldots & a_{n-(k+1)} \\ a_1 & a_0 & 0 \ldots & 0 & 0 & a_n & a_{n-1} \ldots & a_{n-(k+2)} \\ a_2 & a_1 & a_0 \ldots & 0 & 0 & 0 \ldots & a_n \ldots & a_{n-(k+3)} \\ \cdot & & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot\cdot & \cdot \\ \cdot & & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{k-1} & a_{k-2} & a_{k-3} \ldots & a_0 & 0 & 0 & 0 \ldots & a_n \\ \hline \bar{a}_n & 0 & 0 \ldots & 0 & \bar{a}_0 & \bar{a}_1 & \bar{a}_2 \ldots & \bar{a}_{k-1} \\ \bar{a}_{n-1} & \bar{a}_k & 0 \ldots & 0 & 0 & \bar{a}_0 & \bar{a}_1 \ldots & \bar{a}_{k-2} \\ \bar{a}_{n-2} & \bar{a}_{n-1} & \bar{a}_n \ldots & 0 & 0 & 0 & \bar{a}_0 \ldots & \bar{a}_{k-3} \\ \cdot & \cdot & & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot\cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \bar{a}_{n-(k+1)} & \bar{a}_{n-(k+2)} & \ldots & \bar{a}_n & 0 & 0 & 0 \ldots & \bar{a}_0 \end{array}\right|, \quad k = \overline{1, n}$$

unde $\bar{a}_k$ înseamnă conjugatul complex al lui a_k, cu care se formulează **c. de s. S.-C.:** sistemul automat liniar discret este strict stabil (toți polii sînt în interiorul cercului de rază unitară cu centrul în origine) dacă șirul $+1, \Delta_1, \Delta_2, \ldots, \Delta_n$ are n schimbări de semn. În caz contrar sistemul automat liniar discret este instabil.

crosasamblor, sistem de programe, implementat pe un calculator numeric universal, destinat conversiei programului sursă, scris în limbaj de asamblare, în program obiect (imagine direct executabilă), destinat unui microsistem (de ex., un sistem de conducere a proceselor). Necesitatea c. derivă din volumul relativ mare al resurselor necesare (deși mai mic decît în cazul → **compilării**), ca și din inutilitatea prezenței sale în sistemul de programe dedicat unei aplicații bine determinate.

cuantizare, operaţie de transformare a semnalelor, prin care se realizează discretizarea lor în amplitudine (nivel), în timp sau simultan în timp şi amplitudine. **C.** în amplitudine a unui semnal $x(t)$ asociază semnalului iniţial o valoare cît mai apropiată $x_k(t)$, dintr-o mulţime de valori aprioric fixate $x_k(t)$, $(k = 0,1,\ldots, N)$. Diferenţa între două valori succesive $q_k = x_{k+1} - x_k$ poartă numele de *pas de* **c.** Intervalul de valori al semnalului iniţial pentru care se asigură o valoare de **c.** impusă se numeşte interval de **c.** Valorile x_k asociate se numesc *niveluri de* **c.** În fig. C. 28 se prezintă caracteristica unui cuantizator la care pasul şi nivelul de **c.** sînt constante (datorită simplităţii este cel mai utilizat). **C.** în timp (eşantionarea) constă în transformarea unui semnal continuu $x(t)$ în impulsuri rectangulare $x^*(t)$ care se succed la intervale discrete de timp kT, de amplitudine $x(kT)$ şi de durată $\Delta t \ll T_0$, unde T reprezintă perioada de **c.** în timp (perioada de eşantionare). Operaţia de **c.** în timp este reprezentată în fig. C.29. În cazul semnalelor cu modificări rapide ale vitezei de variaţie se aplică **c.** în timp cu T variabil, adaptat în raport cu evoluţia semnalului.

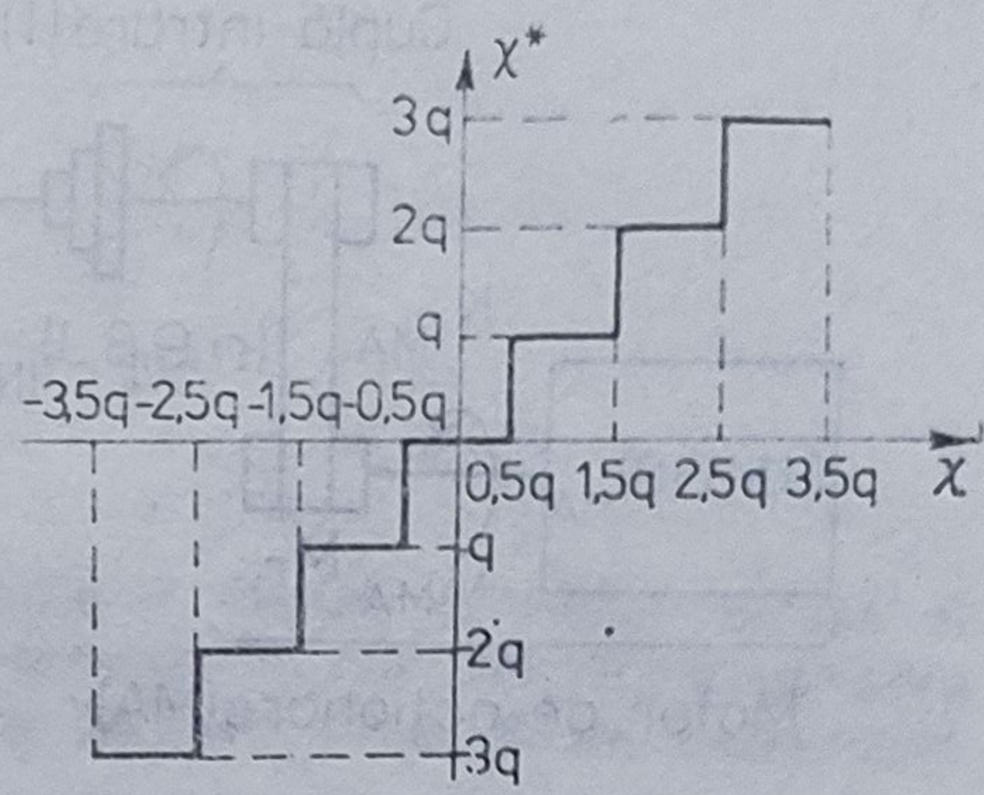


Fig. C.28. Caracteristica statică a unui cuantizator.

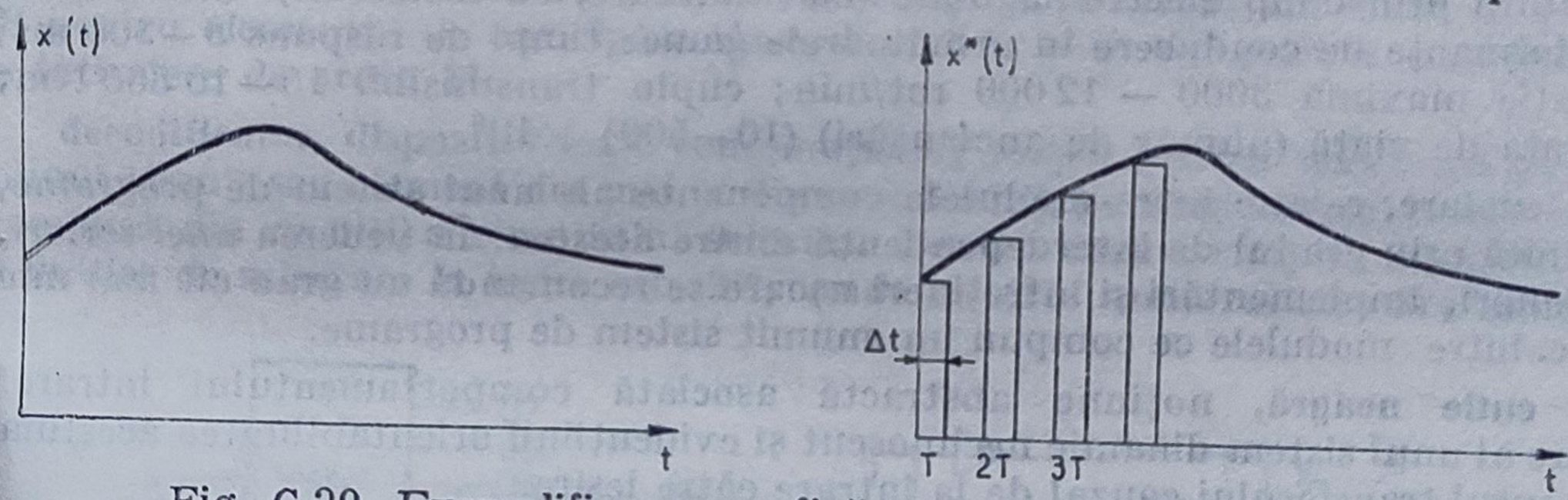


Fig. C.29. Exemplificarea grafică a cuantizării în timp.

cuplaj, dispozitiv de interconectare a elementelor componente ale unui sistem. În raport cu caracteristicile constructive ale elementelor, **c.** pot fi electromagnetice, electrice, mecanice, hidraulice, optoelectronice. În construcţia de aparatură electronică de automatizare se întîlnesc uzual **c.** electrice directe (fără separare galvanică) sau prin transformator şi optoelectronice (cu separare galvanică). În domeniul acţionărilor electrice automatizate se utilizează în mod frecvent → **cuplajul electromagnetic.**

cuplaj electromagnetic, component al elementelor de execuţie electrice caracterizat prin constante de timp electromecanice şi electromagnetice mici, acceleraţii pozitive şi negative foarte mari şi posibilităţi de memorare a comenzii, putînd fi astfel utilizate în sisteme de reglare a poziţiei (fig. C. 30). Comanda în circuit închis sau deschis a **c.e.** prin intermediul unor dispozitive electrice şi electronice determină realizarea unei legături rigide sau elastice între arborele condus şi cel conducător, permiţînd transmiterea puterii mecanice către sarcină, aceasta fiind adaptată din punctul de vedere al cuplului şi al vitezei unghiulare la caracteristicile motorului de acţionare prin intermediul reductoarelor. Indiferent de principiul constructiv, **c. e.** sînt formate din

două semicuple: una conducătoare (de intrare) care preia direct sau prin intermediul unui reductor mișcarea de la arborele motorului de acționare și alta condusă (de ieșire), care transmite direct sau prin intermediul altui reductor

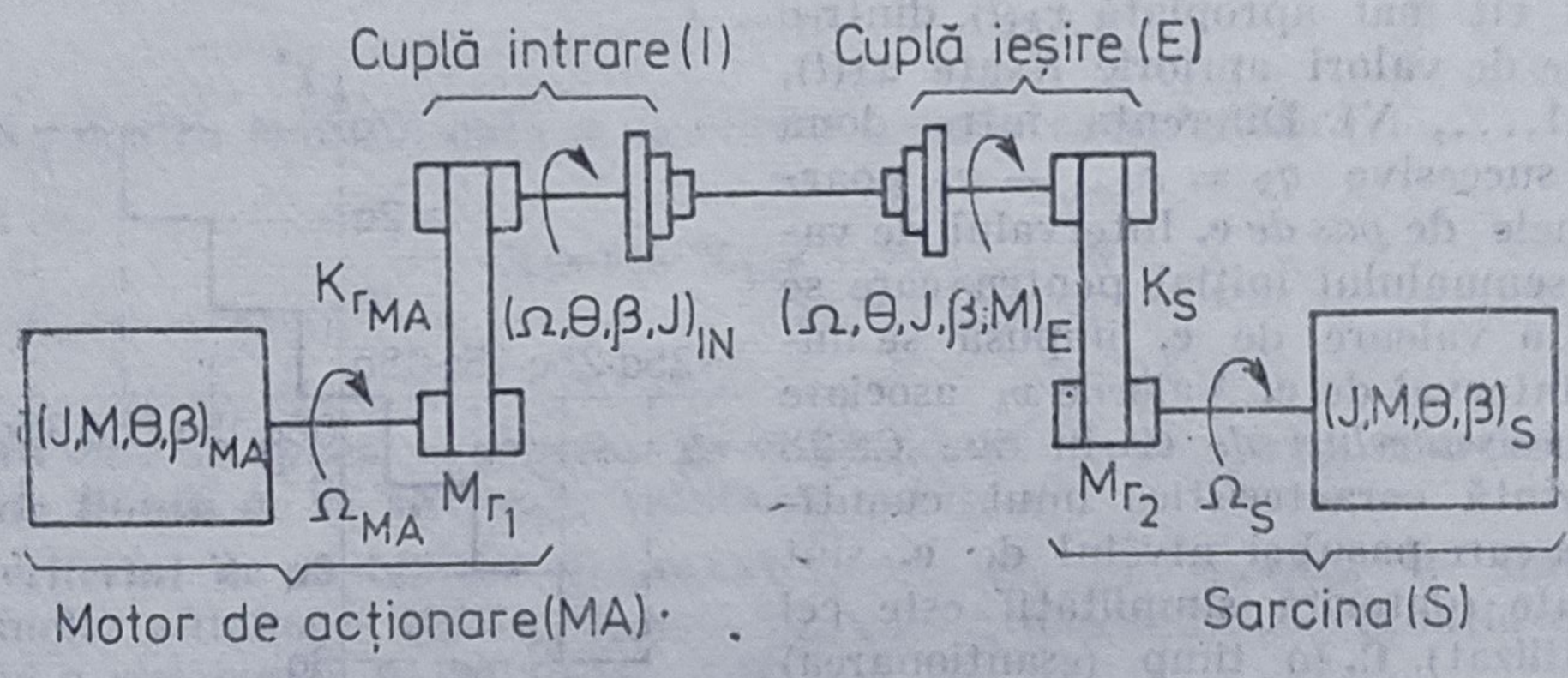


Fig. C.30. Schemă de cuplaj electromagnetic.

mișcarea la arborele sarcinii. După modul cum se realizează legătura între cele două semicuple, se disting trei categorii de **c.e.**: cu legătură mecanică (cu fricțiune, cu dantură, cu arc); cu legătură electromecanică (cu pulberi); cu legătură prin cîmp electromagnetic (cu alunecare, cu histerezis). **C.e.** asigură performanțe de conducere în următoarele game: timpi de răspuns 8—300 ms; turație maximă 3000 — 12 000 rot/min; cuplu transmisibil 15—13 500 Nm; durata de viață (număr de anclanșări) (10—500) $\times 10^6$.

cuplare, relație între modulele componente ale unui sistem de programe, definită prin gradul de interdependență dintre acestea. În vederea unei scrieri, depanări, implementări și întreținere ușoare se recomandă un grad cît mai mic de **c.** între modulele ce compun un anumit sistem de programe.

cutie neagră, noțiune abstractă asociată comportamentului intrare/ieșire al unui sistem dinamic necunoscut și evidențiind orientabilitatea acestuia în sensul transferului cauzal de la intrare către ieșire.

cuvînt, colecție de biți utilizați pentru reprezentarea informației; modalitățile, mai des utilizate, de reprezentare a **c.** sînt: — **c.** *de cod*, succesiune de simboluri, de regulă binare, reprezentînd un **c.** din codul simbolizat; — **c.** *de stare*, **c.** ce caracterizează starea la un moment dat a unui sistem, a execuției unui program al acestuia etc.

debit de informație (al unei surse), produsul dintre entropia sursei și numărul mediu de simboluri transmise într-o secundă, reprezentînd cantitatea de informație transmisă în unitatea de timp. În mod curent **d. de. i.** definește viteza de transmisie a informației.

decadă de pulsație, interval în care pulsația crește de 10 ori (ω, 10 ω). Se utilizează în cazul analizei în frecvență a sistemelor pe baza caracteristicilor atenuare-pulsație și fază-pulsație, intervalul amintit caracterizînd variații de amplitudine standard pentru elemente tip : +20 dB pentru elementul de anticipare de ordin I, −20 dB pentru elementul de întîrziere de ordin I, +40 dB pentru elementul de anticipare de ordin II și −40 dB pentru elementul de întîrziere de ordin II.

decodificator, dispozitiv logic combinațional folosit pentru selectarea unui anumit circuit sau element din mai multe posibile (n), pe baza adresei codificate (compusă din m biți) a circuitului selectat. Pentru cazuri simple, numărul n al liniilor de selectare la ieșire este 2^m, unde m este numărul de cifre binare

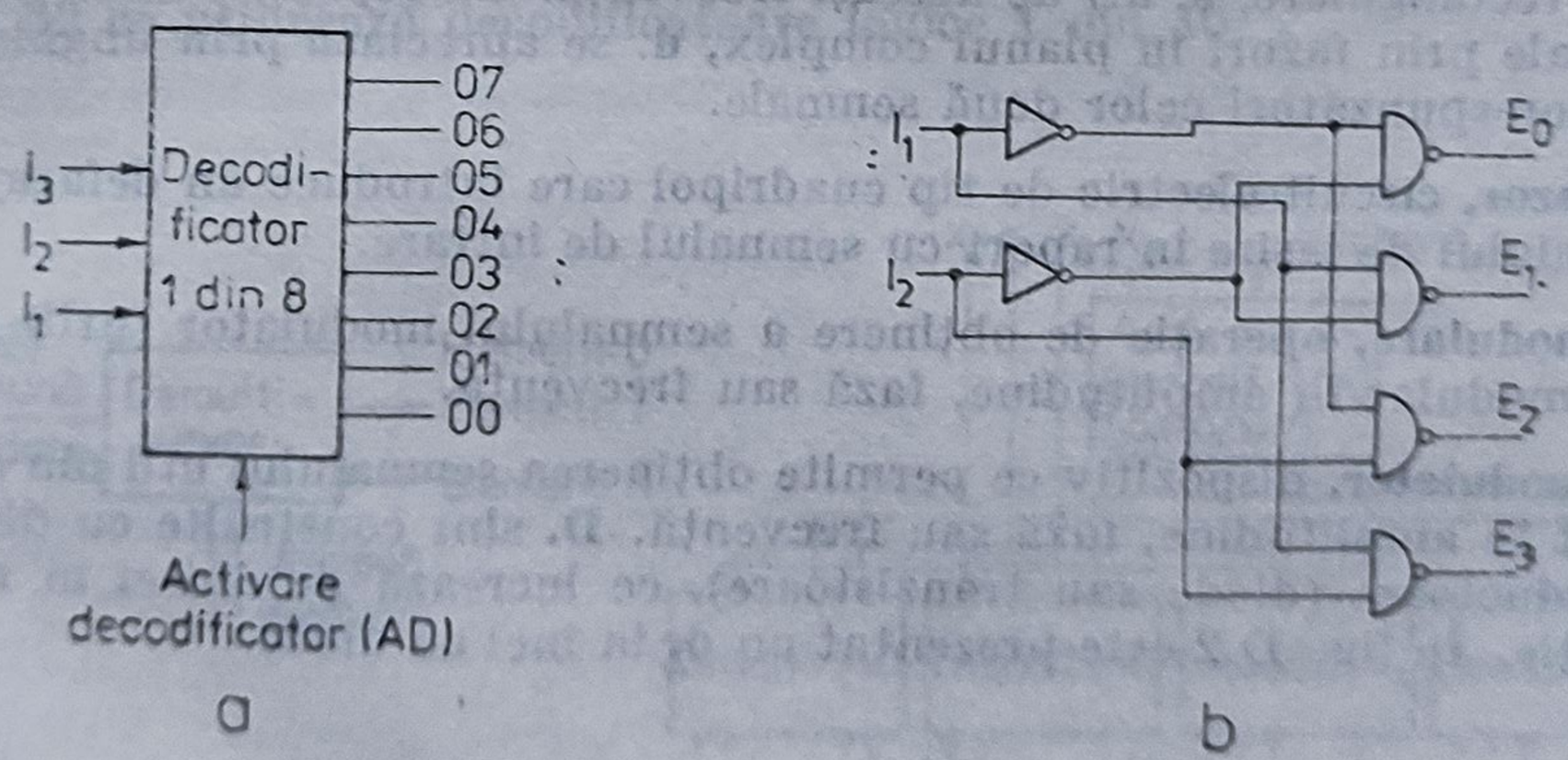


Fig. D.1. Scheme de decodificatoare.

utilizate pentru codificarea numelui elementului selectat. În fig. D.1 se prezintă liniile de control și selectare pentru un decodificator 1 din 8. Cînd linia *AD* este inactivă toate liniile de selectare 00—07 sînt inactive. Cînd linia *AD* este activă, numai una din liniile 00—07 este activă, cea a cărei adresă (în zecimal) corespunde combinației binare a semnalelor de intrare I_1, I_2, I_3. De ex., dacă $I_2 = 1$, $I_1 = 0$, $I_3 = 1$ este activată linia 06. În fig. D 1, *b* este prezentată schema unui d. logic cu două intrări (I_1, I_2) și 4 ieșiri (E_0, E_1, E_2, E_3). D. sînt utilizate frecvent în structuri de adresare selectivă a sistemelor cu memorii, în scheme de numărare, în construcția convertoarelor analog-

numerice, în secvențierea datelor, în distribuirea semnalelor de tact, în demultiplexări, în generarea de mintermeni și a noii stări în mașini algoritmice de stare. Circuitele de ieșire ale **d.** integrate pot fi cu etaj de ieșire *„totem pole"* standard și cu etaje de ieșire cu colector în gol. În sisteme de microcalculatoare se utilizează **d.** cu ieșiri *tristate* (trei stări) pentru decodificarea porturilor intrare/ieșire, generarea semnalelor de selectare a circuitelor de memorie, selectarea tipului de stare mașină. **D.** pentru afișări/ cu circuit de comandă, generează coduri numerice (de ex., 7 segmente) și furnizează aceste coduri unui circuit de comandă, sau direct elementului de afișare.

decuplare, problemă reprezentativă a sintezei sistemelor care se formulează astfel: dîndu-se sistemul dinamic descris prin $p \times m$ matricea sa de transfer $T(s)$ împreună cu specificarea unei partiții a vectorului de ieșire y de forma $y_1, \ldots, y_q$ cu $y_i \in \mathbb{R}^{p_i}$ și $p_i \geqslant 1$, $\sum_{i=1}^{q} p_i = p$, să se determine un compensator serie cu matricea de transfer $T_c(s)$ astfel încît matricea de transfer rezultantă $T(s)T_c(s)$ să fie bloc diagonală. Un sistem care posedă această proprietate se numește *decuplabil*. Rezolvarea completă a problemei **d.** reclamă implementarea în circuit închis a soluției, împreună cu asigurarea stabilității interne.

decuplarea interacțiunilor, metodă de conducere a sistemelor complexe utilizînd un sistem ierarhizat de conducere constînd din tratarea în primă instanță a procesului condus ca fiind compus din n subprocese independente (→**conducere ierarhizată**). În acest fel sistemele subordonate rezolvă un set de probleme de optimizare independente, iar interacțiunile dintre subprocese sînt luate în considerare la nivelul ierarhic superior.

defazaj, diferența de fază dintre două semnale electrice periodice (sinusoidale, rectangulare, ș. a.) de aceeași frecvență. La reprezentarea semnalelor sinusoidale prin fazori în planul complex, **d.** se apreciază prin unghiul dintre fazorii corespunzători celor două semnale.

defazor, circuit electric de tip cuadripol care introduce un defazaj anumit al semnalului de ieșire în raport cu semnalul de intrare.

demodulare, operație de obținere a semnalului modulator (util) dintr-un semnal modulat în amplitudine, fază sau frecvență.

demodulator, dispozitiv ce permite obținerea semnalului util din semnalul modulat în amplitudine, fază sau frecvență. **D.** sînt construite cu dispozitive semiconductoare (diode sau tranzistoare), ce lucrează de obicei în regim de comutație. În fig. D.2 este prezentat un **d.** în inel cu diode.

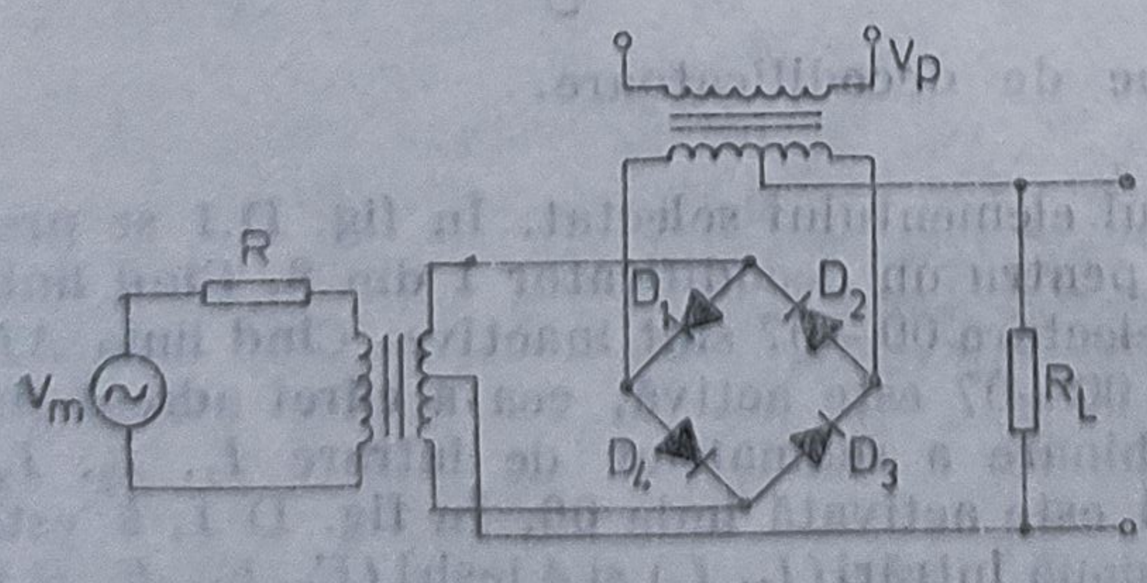


Fig. D.2. Schema unui demodulator în inel cu diode.

V_m - Amplitudinea semnalului modulat

V_p - Amplitudinea purtătoarei

demodulator în impulsuri, demodulator care recuperează semnalul modulat dintr-o succesiune de impulsuri. Prin demodulare se obțin eșantioanele semnalului modulat care sînt supuse apoi unei operații de netezire (filtrare) pentru a obține semnalul inițial. Cel mai simplu sistem pentru demodularea impulsurilor modulate în amplitudine constă în utilizarea unui filtru trece jos (*FTJ*) cu frecvența de tăiere $f_T \leqslant \frac{1}{2} f_0$, unde f_0 este frecvența de eșantionare. În fig. D. 3 este prezentat un **d. în i.** cu detecții de vîrfuri și *FTJ*.

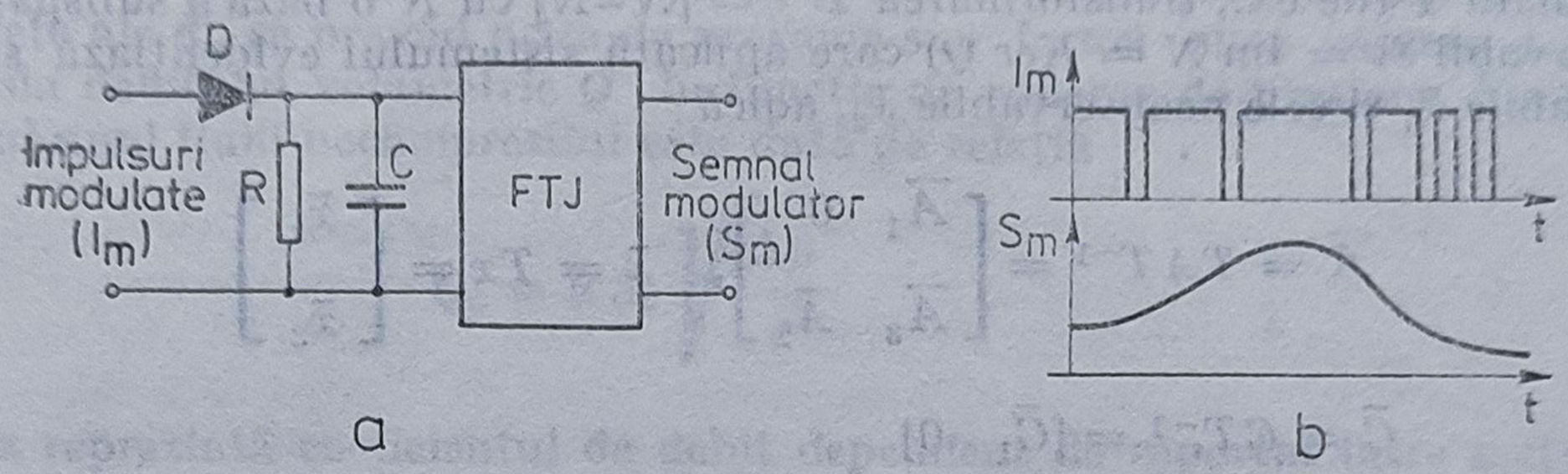


Fig. D.3. Demodulator în impulsuri:
a — schemă de principiu; *b* — diagramă de semnal.

demultiplexor, element utilizat pentru distribuirea datelor sau a semnalelor de tact de la o sursă unică către o destinație selectată prin adresa aplicată (fig. D.4). În structurile numerice **d.** este un circuit logic combinațional de tip decodificator logic și se utilizează în secțiunile de ieșire ale automatelor programabile, interfețelor calculator-proces, ș. a. În fig. D.4, *b* este prezentat un **d.** 1 din 32 ce utilizează decodificatoare logice 1 din 10.

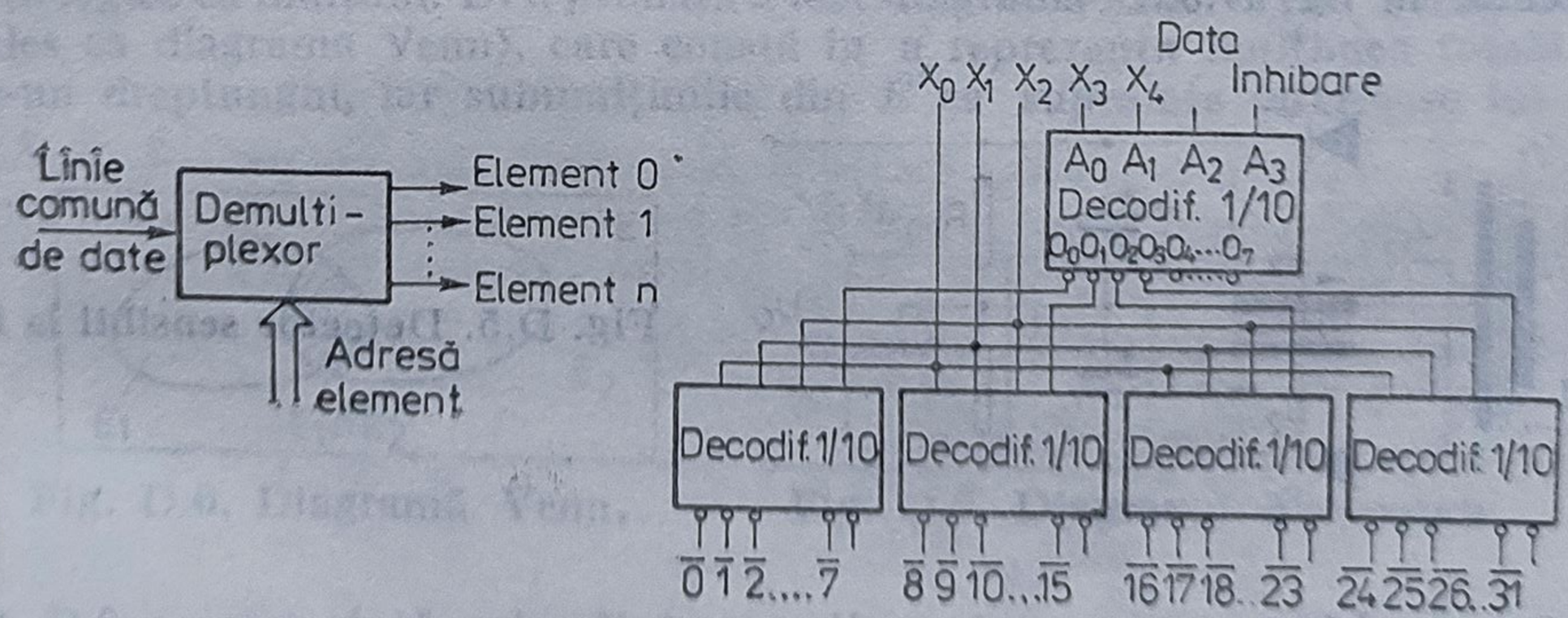


Fig. D.4. Demultiplexor 1 la 32:
a — schemă de principiu; *b* — schemă structurală.

descărcarea automată a sarcinii (DAS), sistem de întrerupere automată a alimentării unor consumatori (mai puțin importanți), la scăderea frecvenței într-un sistem energetic, realizînd o reducere a deficitului de putere și restabilind cît mai rapid egalitatea dintre puterea electrică activă generată în sistem și puterea consumată, astfel ca frecvența să revină la valoarea de consemn sau în vecinătatea acesteia (la o valoare de revenire admisibilă).

descompunerea automatelor, procedură de simulare a unui automat prin automate sau grupuri de automate ireductibile. Procedura de **d. a.** se bazează pe operații matematice de partiționare asupra grupurilor (asociate automatelor) prin clase de echivalență. Krohn și Rhodes au demonstrat că orice automat poate fi descompus în elemente bistabile de memorie și în automate ale grupurilor care divid semigrupul→**automatului** dat.

detectabilitate, proprietate a unui sistem dinamic ce caracterizează cazul limită în care se mai poate construi un estimator asimptotic; un sistem liniar și invariant $(A, \ldots, C)$ este detectabil dacă stările neobservabile sînt stabile. Dacă sistemul (perechea (C, A)), nu este observabil, există o transformare nesingulară T (de ex., transformarea $T^{-1} = [N \perp N]$ cu N o bază a subspațiului neobservabil $\mathfrak{N} = \mathrm{Im}\, N = Ker\, Q$) care aplicată sistemului evidențiază stările observabile $\bar{x}_1$ și cele neobservabile $\bar{x}_2$, adică:

$$\bar{A} = TAT^{-1} = \begin{bmatrix} \bar{A}_1 & 0 \\ \bar{A}_3 & \bar{A}_2 \end{bmatrix}, \quad \bar{x} = Tx = \begin{bmatrix} \bar{x}_1 \\ \bar{x}_2 \end{bmatrix}$$

$$\bar{C} = CT^{-1} = [\bar{C}_1 \quad 0]$$

Sistemul $(A, \ldots, C)$ este **d.** dacă matricea $\bar{A}_2$ este stabilă, deci $\sigma(\bar{A}_2) \in \mathbb{C}^-$; în acest caz se poate construi un estimator asimptotic pentru sistem, parțial alocat la nivelul subspațiului observabil.

detector, denumire utilizată uneori pentru elementul sensibil al aparatelor de măsurat și traductoarelor. În general, denotă dispozitive care permit evidențierea unei anumite mărimi utile, în condițiile în care aceasta apare împreună cu alte mărimi perturbatoare. În echipamentele electronice prin **d.** se înțelege etajul (blocul) în cadrul căruia se realizează operația de captare a unui tip de semnal sau a anumitor valori caracteristice acestuia (de ex., **d.** de valoare de vîrf, **d.** de prag, **d.** de zero). Un exemplu de **d.** sensibil la fază este reprezentat în fig. D.5.

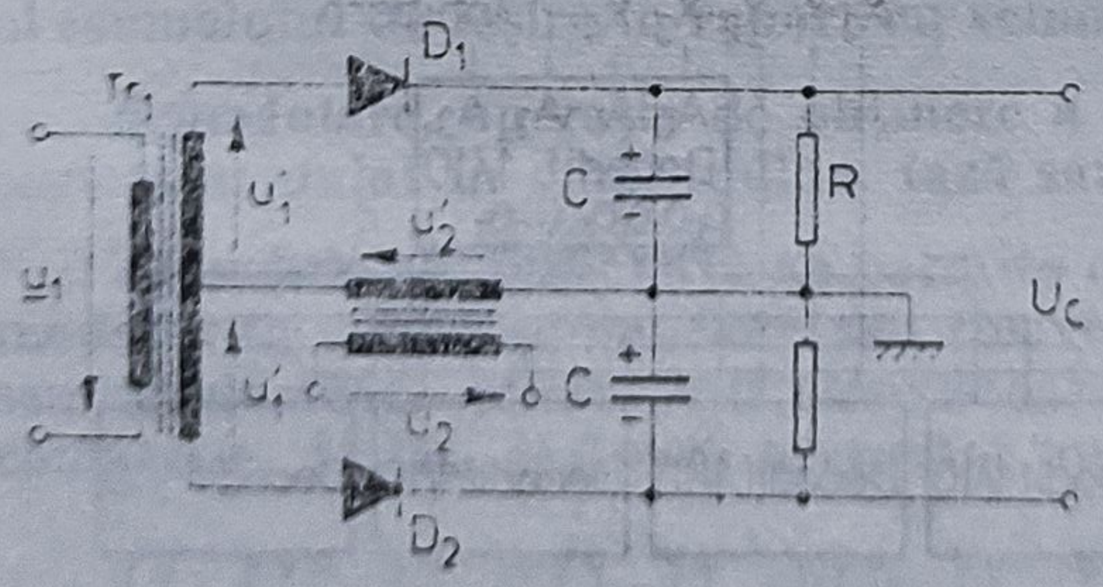


Fig. D.5. Detector sensibil la fază.

Pentru cazul în care

$$u_1(t) = U \sin \omega t \text{ și } u_2(t) = U \sin (\omega t + \varphi)$$

și transformatoarele Tr_1 și Tr_2 au rapoartele de transformare egale (convențional 1) rezultă:

$$u_c = 2\, U \left[\left| \cos \frac{\varphi}{2} \right| - \left| \sin \frac{\varphi}{2} \right| \right]$$

O altă utilizare a acestui termen se referă la dispozitive de supraveghere ş alarmare: **d.** de flacără, **d.** de fum, **d.** de radiaţii etc.

diafonie, efect perturbator întîlnit în transmisia informaţiei pe canale de comunicaţie, provenind din semnalele utile ale altor canale. **D.** poate fi inteligibilă dacă perturbaţia ce o provoacă este puternic coerentă, sau neinteligibilă dacă perturbaţia este slab coerentă cu semnalul util din alte canale.

diafragmă, disc metalic cu orificiu circular central care se introduce în conducte în scopul măsurării debitului de fluide. Măsurarea debitului se bazează pe diferenţa de presiune care se creează între cele două zone ale conductei separate prin **d.** datorită reducerii (strangulării) secţiunii de trecere a fluidului. Pentru preluarea diferenţei de presiune, la periferia conductei pe cele două feţe ale **d.**, se prevăd prize de presiune sub forma unor camere inelare. Expresia debitului volumetric Q în funcţie de căderea de presiune Δp pe **d.** în cazul unui fluid necompresibil este dată de relaţia

$$Q_v = \alpha S_c \sqrt{\frac{\Delta p}{\rho}}$$

unde α reprezintă coeficientul de debit dependent de raportul între secţiunea orificiului **d,** şi secţiunea conductei, vîscozitatea fluidului şi caracterul curgerii acestuia; S_c — secţiunea de trecere a **d.** şi ρ — densitatea fluidului. În cazul fluidelor compresibile în expresia precedentă intervine multiplicarea cu un coeficient de detentă ε prin intermediul căruia se ţine seama de transformările de stare ale acestor fluide la trecerea prin **d.** precum şi de influenţa temperaturii şi presiunii (statice). Prin asocierea **d.** cu un traductor de presiune diferenţială şi un extractor de radical se obţine un traductor de debit.

diagrama stărilor unui automat finit, graf orientat în care nodurile grafului reprezintă stările automatului, iar arcele indică modul de efectuare a tranziţiilor între stări.

diagramă logică, reprezentare grafică a unei scheme logice sau a unor operaţii logice cu mulţimi. **D. l.** primară a fost diagrama Euler-Venn (cunoscută mai ales ca diagrama Venn), care constă în a reprezenta mulţimea totală E printr-un dreptunghi, iar submulţimile din E ca suprafeţe interioare lui E.

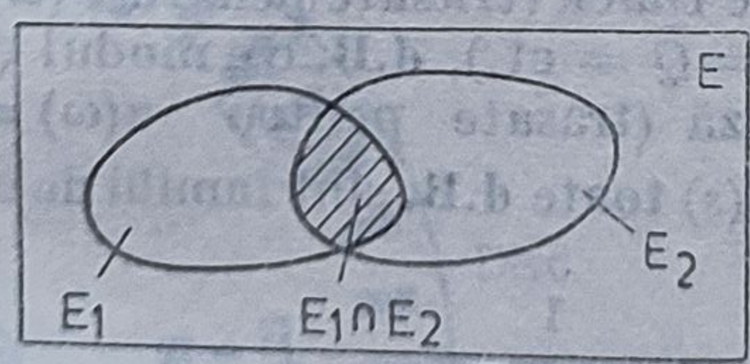


Fig. D.6. Diagramă Venn.

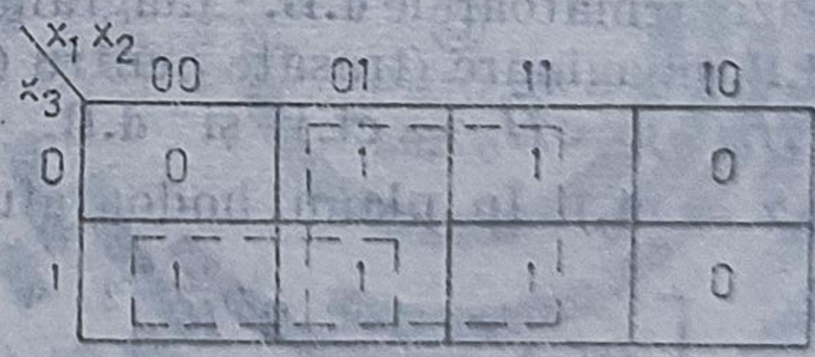


Fig. D.7. Diagramă Karnaugh.

În fig. D.6 se reprezintă prin diagrama Venn intersecţia a două mulţimi. Adaptarea diagramei Venn pentru algebra booleană a condus la diagramele Karnaugh şi Veitch. Diagrama Karnaugh este un mod de reprezentare a funcţiilor logice de n variabile, constînd din 2^n celule, care evidenţiază toate combinaţiile de valori ale variabilelor, codificate astfel încît două celule adiacente să difere printr-o singură variabilă. În fig. D.7 se prezintă diagrama Karnaugh pentru trei variabile binare x_1, x_2, x_3, în celule fiind înscrisă funcţia logică

$$f = \bar{x}_1 x_2 \bar{x}_3 \cup x_1 x_2 \bar{x}_3 \cup \bar{x}_1 \bar{x}_2 x_3 \cup \bar{x}_1 x_2 x_3 \cup x_1 x_2 x_3$$

Prin inspecția diagramei Karnaugh se determină grupuri posibile de 2^k celule adiacente ($k = 1,2,\ldots, n-1$), fiecare grupare permițînd obținerea unui produs de $n-k$ variabile (pentru exemplul dat $f = x_2 \cup \bar{x}_1 x_3$). Se constată că diagrama Karnaugh este un instrument util în minimizarea funcțiilor logice, dar numai pentru $n \leqslant 6$ variabile. Diagrama Veitch constituie un mod de reprezentare a diagramei Karnaugh care folosește, în locul codificării binare a variabilelor, codificarea directă literală. Diagrama Veitch se obține dintr-o diagramă Venn (pentru mulțimea tuturor variabilelor) partiționată în celule ce corespund submulțimilor asociate cîte unei variabile x_i și a complementarei acesteia $\bar{x}_i$. În fig. D.8 se reprezintă diagrama Veitch pentru exemplul reprezentat și prin diagrama Karnaugh. Celula marcată (*) reprezintă mintermenul $x_1\bar{x}_2\bar{x}_3$.

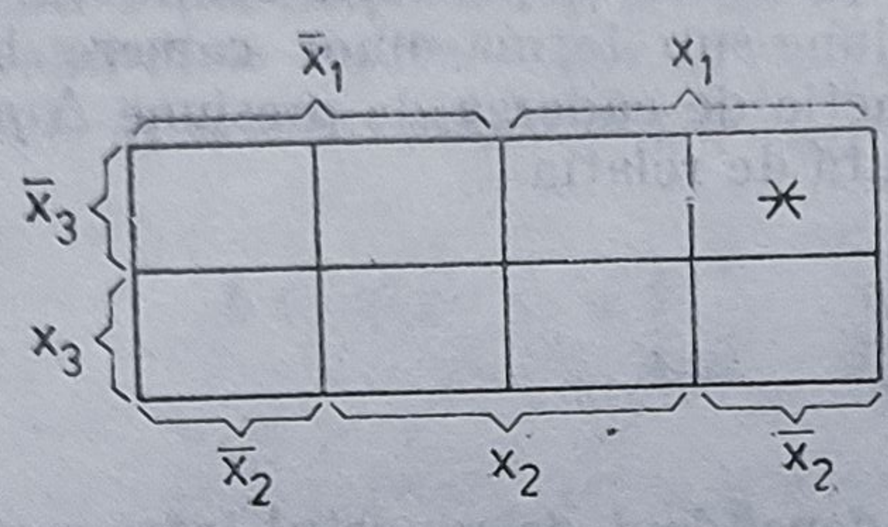


Fig. D.8. Diagramă Veitch.

diagramă Nichols, mod de reprezentare a caracteristicilor de frecvență ale unei funcții de transfer; în ordonată, **d.N.** conține H_{dB}, iar în abscisă faza $\varphi(\omega)$, sau, în unele cazuri rezerva de stabilitate pe fază $\Delta\varphi(\omega) = \pi + \varphi(\omega)$, caracteristica trasată fiind gradată în valori ale pulsației $\omega \geqslant 0$. **D. N.** este utilă în analiza și sinteza în frecvență a sistemelor automate liniare cu o intrare și o ieșire.

diagrame Black, curbe trasate în planul hodografului funcției de transfer în circuit deschis $H(s)$, ce permit determinarea grafo-analitică a caracteristicilor de frecvență ale sistemului automat $H_0(s)$. **D.B.** se diferențiază după parametrul pentru care se trasează. Astfel notînd

$$H(j\omega) = U(\omega) + jV(\omega)$$

$$H_0(j\omega) = P(\omega) + jQ(\omega) = H_0(\omega)\, e^{j\varphi_0(\omega)}$$

se utilizează următoarele **d.B.**: diagrame reale Black (trasate pentru $P(\omega) = \bar{P} = \text{ct.}$), **d.B.** imaginare (trasate pentru $Q(\omega) = \bar{Q} = \text{ct.}$), **d.B.** de modul (trasate pentru $H_0(\omega) = \bar{H}_0 = \text{ct.}$) și **d.B.** de fază (trasate pentru $\alpha(\omega) = \operatorname{arctg} \varphi_0(\omega) = \bar{\alpha} = \text{ct.}$). În planul hodografului $H(s)$ toate **d.B.** sînt familii de cercuri:

$$\left[U(\omega) + \frac{1-2\bar{P}}{2(1-\bar{P})}\right]^2 + V^2(\omega) = \frac{1}{4(1-\bar{P})^2}, \quad \bar{P} \in \mathbb{R}$$

$$[U(\omega) + 1]^2 + \left[V(\omega) + \frac{1}{2\bar{Q}}\right]^2 = \frac{1}{4\bar{Q}^2}, \quad \bar{Q} \in \mathbb{R}$$

$$\left[U(\omega) + \frac{\bar{H}_0^2}{\bar{H}_0^2 - 1}\right]^2 + V^2(\omega) = \frac{\bar{H}_0^2}{(\bar{H}_0^2 - 1)^2}, \quad \bar{H}_0 \geqslant 0$$

$$\left[U(\omega) + \frac{1}{2}\right]^2 + \left[V(\omega) - \frac{1}{2\bar{\alpha}}\right]^2 = \frac{\bar{\alpha}^2 + 1}{4\bar{\alpha}^2}, \quad \bar{\alpha} \in \mathbb{R}$$

ceea ce permite o trasare ușoară și deci o construcție relativ simplă (prin puncte) a caracteristicilor $P = P(\omega)$, $Q = Q(\omega)$, $H_0 = H_0(\omega)$, $\varphi_0 = \varphi_0(\omega)$, ale funcției de transfer $H_0(s)$.

dinamic, atributul asociat unui sistem care arată că variabila „timp" este variabila esențială, toate mărimile sistemului fiind funcție de aceasta (→**sistem dinamic**).

disc codificat, dispozitiv destinat măsurării numerice a deplasărilor unghiulare cu aplicații în special la poziționări de precizie în cadrul conducerii automate a proceselor din industria construcției de mașini. **D.c.** sînt de două tipuri: *incrementale* și *absolute*. Cele incrementale (fig. D. 9*a*) sînt constituite dintr-un disc transparent la periferia căruia sînt trasate uniform, cu înaltă precizie, zone opace, alternînd cu zone transparente. Cu ajutorul unei surse de lumină și a unui dispozitiv fotoelectric, situate de o parte și de alta a discului, la rotirea acestuia se obțin impulsuri electrice care stau într-o relație de proporționalitate cu deplasarea unghiulară a discului, respectiv a axului pe care acesta este montat. Rezoluția depinde de cuantizarea unghiulară a discului, corespunzătoare unei perechi de zone transparentă și opacă, care poartă numele de increment. Rezoluția poate crește prin prevederea de transmisii multiplicatoare între axul a cărui deplasare se măsoară și cel al **d.c. D.c.** absolute sînt cele care asigură exprimarea deplasării în raport cu referința indiferent de modul în care s-a ajuns în poziția respectivă. În acest scop ele sînt prevăzute cu mai multe trasee sau piste concentrice de zone alternate transparente și opace, așa cum se vede în fig. D. 9, *b*. Citirea optică simultană a tuturor pistelor.

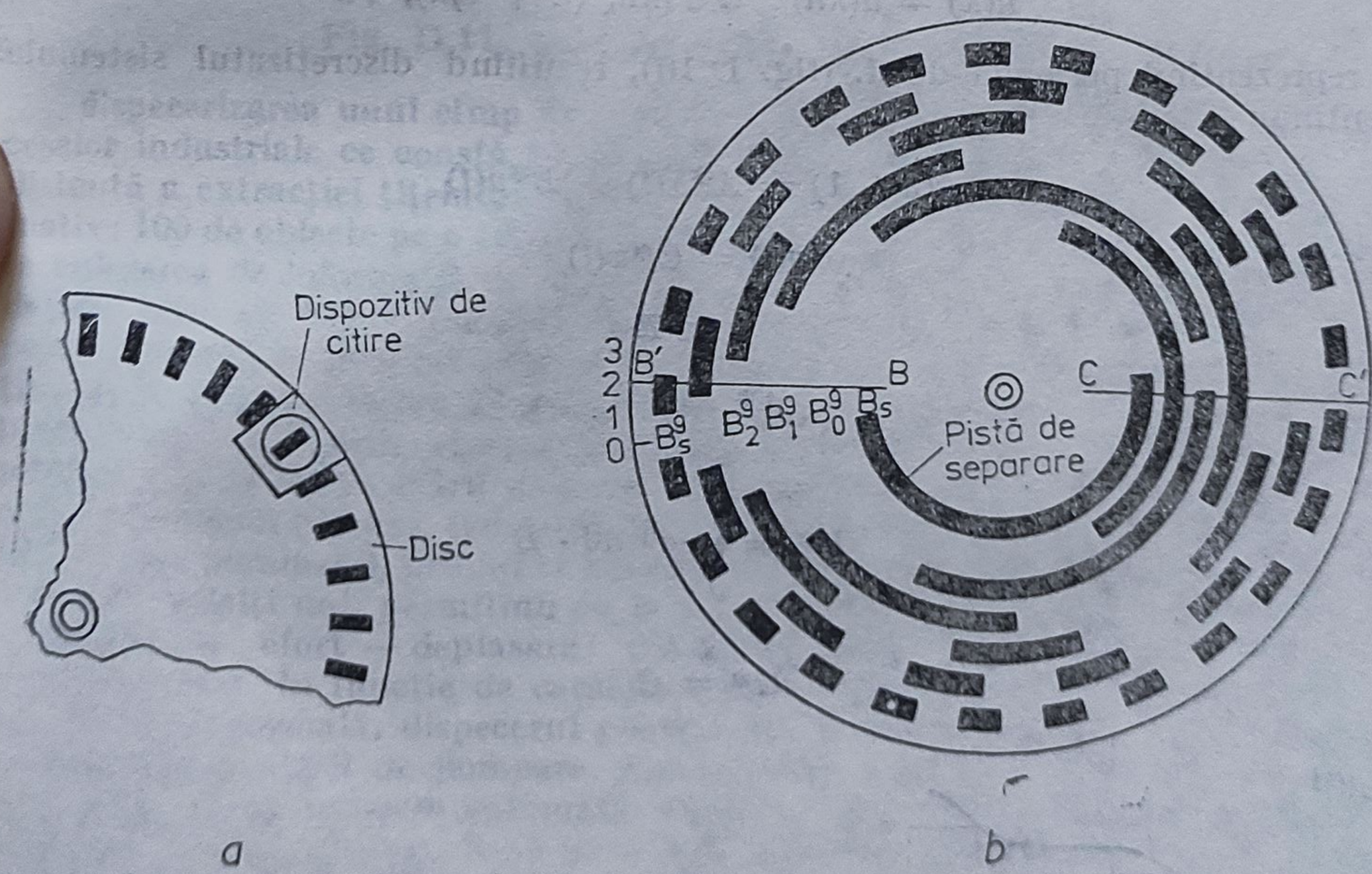


Fig. D.9. Disc codificat:
a — incremental; *b* — absolut.

permite exprimarea într-un cod binar (*1* pentru zona transparentă, 0 pentru cea opacă) a valorii deplasării unghiulare în raport cu poziția de referință marcată pe disc (de la care începe codificarea). Valoarea respectivă se obține multiplicînd numărul zecimal corespunzător codului binar cu intervalul de cuantizare. În scopul creșterii preciziei și eliminării hazardului de citire se utilizează, de

regulă, codul binar ciclic sau proceduri speciale de dispunere a senzorilor optici → citire în V). Dacă prin alegerea convenabilă a dimensiunilor discului se pot trasa 10 piste se obține o rezoluție de 1 la 1024, ceea ce înseamnă aproximativ 1/3 grade.

disc magnetic, element component al unui periferic al sistemelor de prelucrarea informației, utilizat la stocarea de masă a informației. Uneori numele se atribuie, eronat, întregii unități de discuri magnetice, și nu numai suportului magnetic al informației. **D.m.** se rotesc în jurul unui ax vertical, iar înscrierea și citirea informației se face cu ajutorul unor capete mobile sau fixe. Pentru creșterea volumului de informație memorată, mai multe **d.m.** se pot monta coaxial, formînd o pilă de discuri. În mod frecvent o asemenea pilă are capacități de memorare de ordinul a 60 Mcuvinte de 8 biți. Variante constructive: **d.m.** *de tip cartuș (cartridge)*, **d.m.** *de tip flexibil (floppy)*. (→**periferice generale**)

discret, atribut atașat noțiunii de →**sistem** la care mărimile de intrare și de ieșire sînt funcții discrete. O funcție $f: T \to \mathbb{R}$ este discretă dacă $T \subset \mathbb{Z}$.

discretizare (la sisteme), operație de determinare a unui aproximant discret pentru un sistem continuu. O **d.** corectă se face numai pe baza soluției sistemului continuu

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t)$$

$$y(t) = Cx(t) \qquad , \quad t \in T \subset \mathbb{R}$$

considerînd că

$$u(k) = u(kh) \qquad t \in [kh, (k+1)h), \forall k$$

h reprezentînd perioada de **d.** (fig. D.10), rezultînd discretizatul sistemului continuu:

$$x(t+1) = A^*x(t) + B^*u(t)$$

$$y(t) = C^*x(t)$$

cu

$$t \in \mathbb{Z}$$

$$A^* = e^{Ah}$$

$$B^* = \int_0^h e^{A\theta}\, d\theta \cdot B$$

$$C^* = C$$

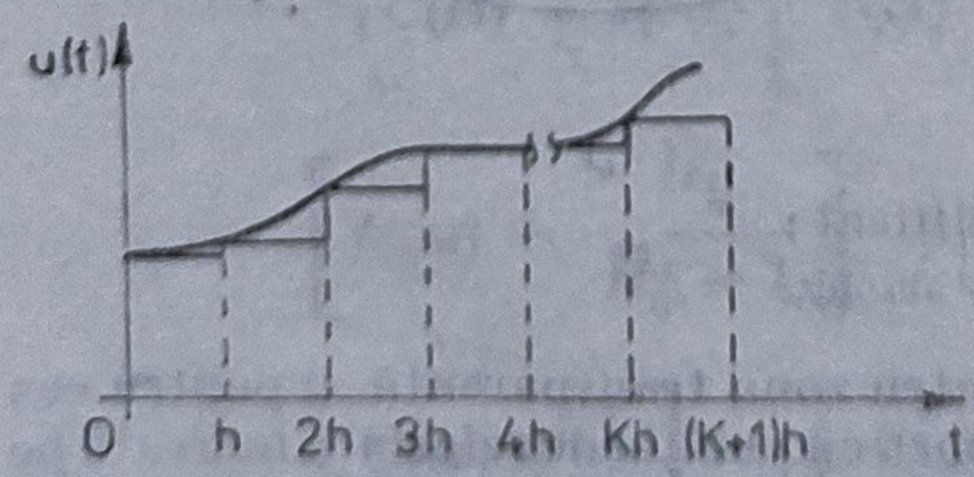


Fig. D.10. Exemplificarea operației de discretizare.

și unde s-a notat formal $k = kh$, h fiind precizat. Operația este utilă în problemele specifice analizei și sintezei sistemelor dinamice mai ales în ideea con-

etruirii sistemelor automate avînd dispozitive numerice de conducere. **D.** la semnale → **cuantizare.**

discriminator, element al unui sistem automat ce asigură extragerea informației utile dintr-un semnal, utilizînd în acest scop calcule numerice de tipul: comparații, sincronizări, decizii, operații aritmetice, dacă informația este sub formă numerică, sau prelucrări de tipul: filtrări, medieri, netezire, mixări de frecvențe, dacă semnalele sînt analogice.

discriminator de frecvență, dispozitiv ce permite obținerea informației utile pe care o conține un semnal alternativ modulat în frecvență (frecvența purtătoarei este foarte stabilă; peste ea se suprapun variații de frecvență $\pm \Delta f$). **D. de f.** se bazează pe curba de răspuns a unui circuit oscilant (pe purtătoare) pentru frecvențe apropiate de purtătoare (fig. D.11). Amplitudinea semnalului de ieșire din **d. de f.** depinde de diferența dintre frecvența semnalului modulat și frecvența semnalului de referință.

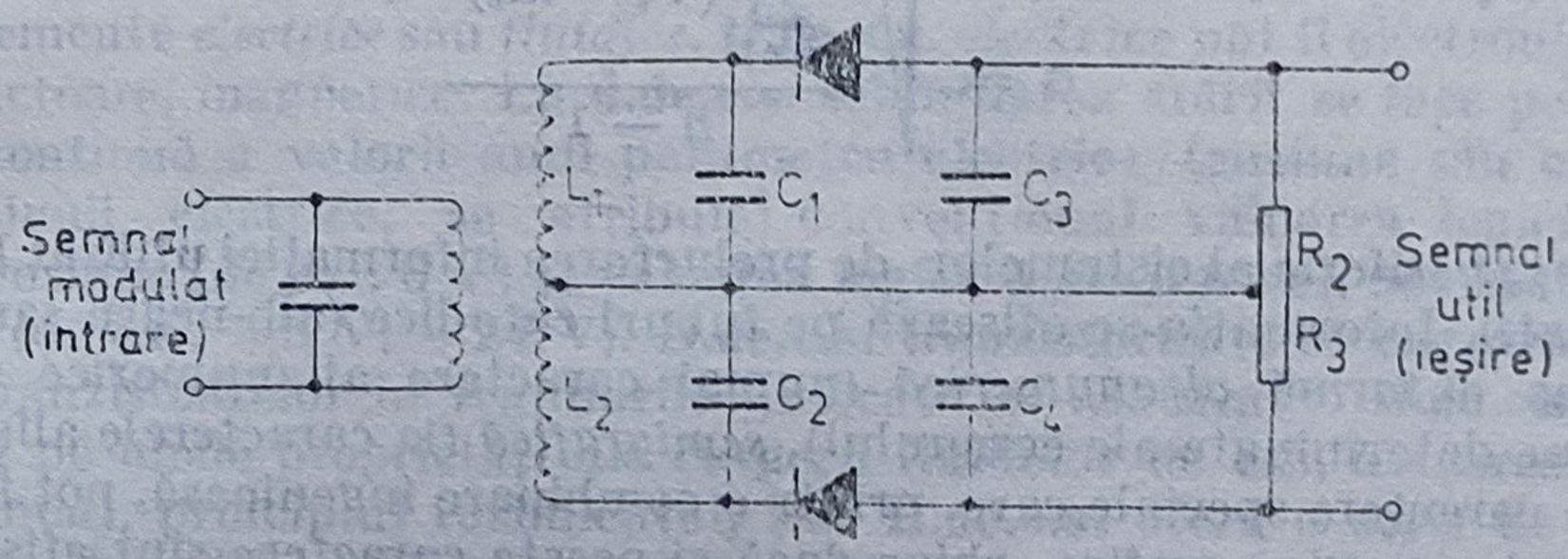


Fig. D.11. Discriminator de frecvență.

dispecerizarea unui cîmp de sonde de țiței, obiectiv al automatizării proceselor industriale ce constă în supravegherea automată și conducerea de la distanță a extracției țițeiului. Întrucît sondele sînt dispersate spațial (aproximativ: 100 de obiecte pe o suprafață de 50 km²), soluția de automatizare constă în culegerea de informații de la proces prin traductoare adecvate, furnizarea datelor către un punct dispecer, analiza datelor și generarea comenzilor corespunzătoare de la punctul dispecer către fiecare punct local (sondă). Informațiile de la proces constau în măsurarea în permanență a trei parametri: deplasarea tijei principale, efortul în tijă, curentul rotoric al motorului acționării principale și sesizarea stării normale de funcționare sau a avariei pentru alți cîțiva parametri (de ex., temperatura, existența tensiunii de alimentare, ș.a.). Din cei trei parametri, primul se transmite în permanență, însoțit la alegere de unul din ceilalți doi, permițînd ca la punctul dispecer să poată fi ridicată fie caracteristica efort — deplasare (dinamograma), fie curent — deplasare (electrograma). În funcție de caracteristica înregistrată și de semnalizările de avarie/stare normală, dispecerul poate furniza telecomenzi de oprire/pornire a motorului unității de pompare. Sondele sînt supravegheate ciclic pe baza unui program de baleiere automată. Oricare stație (post local) poate intra în legătură cu dispecerul pe baza unui apel telefonic (alarmă comună). Volumul relativ redus de date transmise justifică o soluție cu separare în frecvență (curenți purtători), fiecărui semnal binar (telesemnalizare sau telecomandă) fiindu-i atribuită o frecvență în gama 300 — 3 400 Hz; telemăsurile se transmit în curent continuu pe fire separate. Dacă distanța este prea mare, costul cablurilor devenind prea ridicat, se poate utiliza o soluție cu separare în timp, la care toate informațiile se transmit în cod, valorile binare 0 sau 1 fiind la rîndul lor modulate în frecvență.

dispersie, → **abaterea medie pătratică** în raport cu valoarea medie. Pentru procese aleatoare gaussiene de valoare medie nulă **d.** σ (denumită uneori și de viație standard) constituie unicul parametru prin care se definește funcția de repartiție a densității de probabilitate:

$$p(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}$$

D. se utilizează în aprecierea calității măsurărilor, fiind principalul indicator prin care se caracterizează erorile aleatoare. Considerînd un șir de n măsurări de rezultate $V_1, V_2, \ldots, V_n$ a căror valoare medie este m_v, pentru n suficient de mare ($n \geqslant 20$) se obține o estimație consistentă $\hat{\sigma}$ a **d.** utilizînd formula

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (V_i - m_v)^2}{n-1}}$$

display, periferic al sistemelor de prelucrarea informației utilizat la afișarea de informații. Informația se afișează pe tuburi catodice (alb-negru sau color) și poate avea o formă *alfanumerică* (numai caractere alfanumerice afișate în puncte bine determinate ale ecranului), *semigrafică* (la caracterele alfanumerice se adaugă caractere speciale care, printr-o combinare ingenioasă, pot fi utilizate la crearea de imagini grafice, chiar dacă și aceste caractere sînt afișate tot în puncte bine determinate ale ecranului) sau *grafică* (pe ecran pot fi generate atît caractere alfanumerice, cît și orice altă imagine). Dintre principalele caracteristici ale **d.** se menționează: numărul de linii, numărul de caractere pe linie, timpul de schimbare completă a unei imagini, numărul de culori, numărul de nuanțe (→ **periferice generale**). În majoritatea cazurilor **d.** sînt prevăzute cu tastatură pentru introducerea de date sau comenzi de către operator.

dispozitiv de comandă pe grilă, (dcg), ansamblu de circuite electrice și electronice ce se constituie într-un bloc de comandă a tensiunii de grilă a unui → **redresor comandat.** Într-o schemă de reglare, **dcg** este situat între regulator (R) și redresoarele comandate (fig. D. 12). Rolul **dcg** este acela de a converti ten-

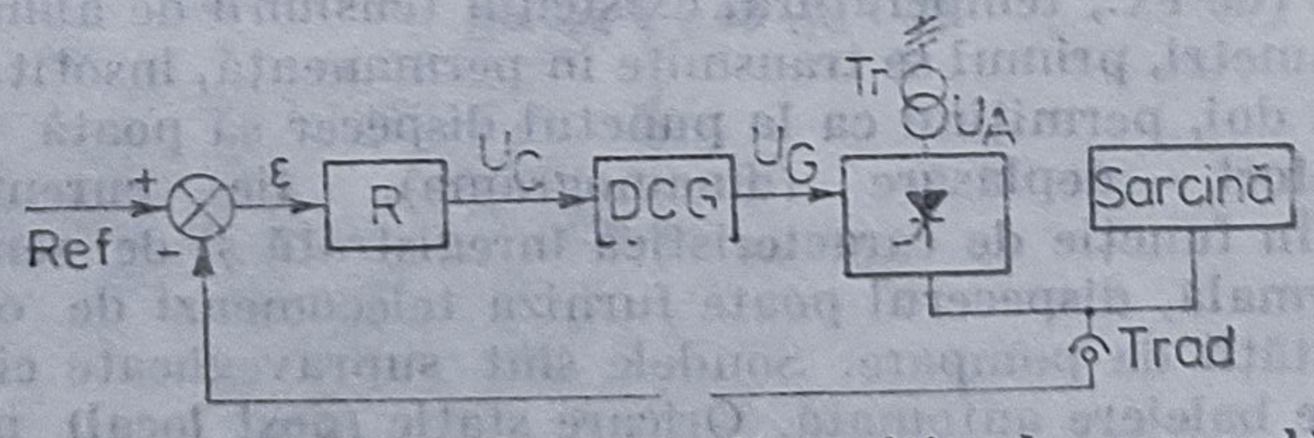


Fig. D.12. Sistem de reglare cu dispozitiv de comandă pe grilă.

siunea continuă u_c furnizată de regulator într-o succesiune de impulsuri u_G, al căror defazaj este funcție de tensiunea continuă de intrare. **Dcg** asigură: o variație (de obicei liniară) a defazajului impulsului între 0 — 180°, funcție de tensiunea continuă aplicată, blocarea impulsurilor de comandă (de ex., în cazul unui scurtcircuit în circuitul principal), separarea galvanică a circuitelor de reglare de electrozii de comandă ai tiristoarelor. Pentru obținerea impulsurilor

de comandă, se poate utiliza principiul comparației pe verticală, care constă în compararea tensiunii continue de comandă u_C cu o tensiune alternativă de referință u_R sincronă cu tensiunea anodică u_A de alimentare a redresorului comandat.

dispozitiv de comutație, element electric sau fluidic care permite stabilirea sau întreruperea unui circuit sau a unei căi de trecere a curentului sau a aerului comprimat. **D.de.c.** pot fi *cu* sau *fără piese în mișcare*. În primul caz ele sînt realizate cu relee și contactoare, robinete, ventile, distribuitoare, iar în al doilea caz cu tuburi electronice, tranzistoare, diode, elemente fluidice cu atașarea jetului, cu turbulență etc. **D.de.c.** sînt caracterizate printr-o comportare binară, prin aceea că oferă doar două stări distincte și opuse din punctul de vedere al variației parametrului asociat (de ex., închiderea sau deschiderea contactelor releului, prezența sau absența unui curent, nivel înalt sau redus de tensiune, de presiune etc.).

dispozitiv de comutație statică, dispozitiv de comutație fără piese în mișcare cu elemente *electrice* sau *fluidice*. **D.de.c.s.** electrice pot fi electronice, ionice, semiconductoare, magnetice. La **d.de.c.s.** schimbarea stării se face prin schimbarea discontinuă a valorii unui parametru electric: tensiune sau curent. În cazul tensiunii electrice, se atribuie convențional valoarea logică 0 unui nivel de tensiune (de ex., 0 V) și valoarea logică 1 altui nivel, net distinct față de primul (de ex., +5 V, +24 V). **D.de.c.s.** tranzistorizate se bazează pe funcționarea tranzistoarelor în regimurile „blocat" și „saturat". **D.de.c.s.** fluidice se bazează pe unele proprietăți ale curgerii fluidelor de ex., atașarea jeturilor (efect Coandă), principiul turbulenței, ș.a. **D.de.c.s.** oferă o serie de avantaje în raport cu dispozitivele de comutație cu piese în mișcare: timp de comutație scurt, consum de energie redus, căldură disipată mică, miniaturizare. Din aceste motive sînt utilizate în scheme de reglare numerică, în tehnica de calcul.

distanță de cod (Hamming), funcție caracteristică a unui cod uniform de a satisface postulatele unui spațiu metric în spațiul n-dimensional al cuvintelor. Considerînd două cuvinte de cod $v_i=(a_{i1},\ldots,a_{in})$, $v_j=(a_{j1},\ldots,a_{jn})$, distanța Hamming se calculează cu relația

$$D(v_i, v_j)=\sum_{k=1}^{n}(a_{jk}\oplus a_{ik}),$$

unde $\oplus$ reprezintă suma modulo 2 în corpul finit cu două elemente. Distanța Hamming dă o indicație asupra capacității unui cod de a detecta sau corecta erori. Condiția ca un cod să detecteze erori este ca distanța minimă de cod să fie $D_{min}=e+1$, condiția ca să corecteze e erori este $D_{min}=2e+1$, iar condiția ca să detecteze e_1 erori și să corecteze e_2 erori este $D_{min}=e_1+e_2+1$, cu $e_1>e_2$.

distorsiune, efect perturbator întîlnit în procesul de transmitere a informației pe canale de comunicație ce alterează semnalul util de pe canal. **D.** pot fi reversibile dacă pot fi eliminate trecînd semnalul printr-o rețea de corecție (de ex., distorsiuni de fază, de frecvență, de amplitudine, sau orice distorsiune după o lege cunoscută), sau ireversibilă dacă sînt provocate de o transformare neliniară ce nu admite o transformare inversă, și ca atare nu pot fi eliminate prin corecție.

distribuitor, amplificator de putere hidraulic cu sertar, utilizat pentru comanda motoarelor hidraulice. **D.** pot fi cu 2,3 și 4 căi (fig. D.13). **D.** *cu două*

și trei căi sînt utilizate pentru comanda elementelor de execuție proporționale cu simplu efect. Mărimea de intrare pentru pilotarea pistonului poate fi generată de un preamplificator hidraulic (ajutaj-paletă, tub mobil), cînd **d.** este hidraulic, de un regulator electronic, cînd **d.** este electrohidraulic, sau de orice alt semnal furnizat de un element de decizie.

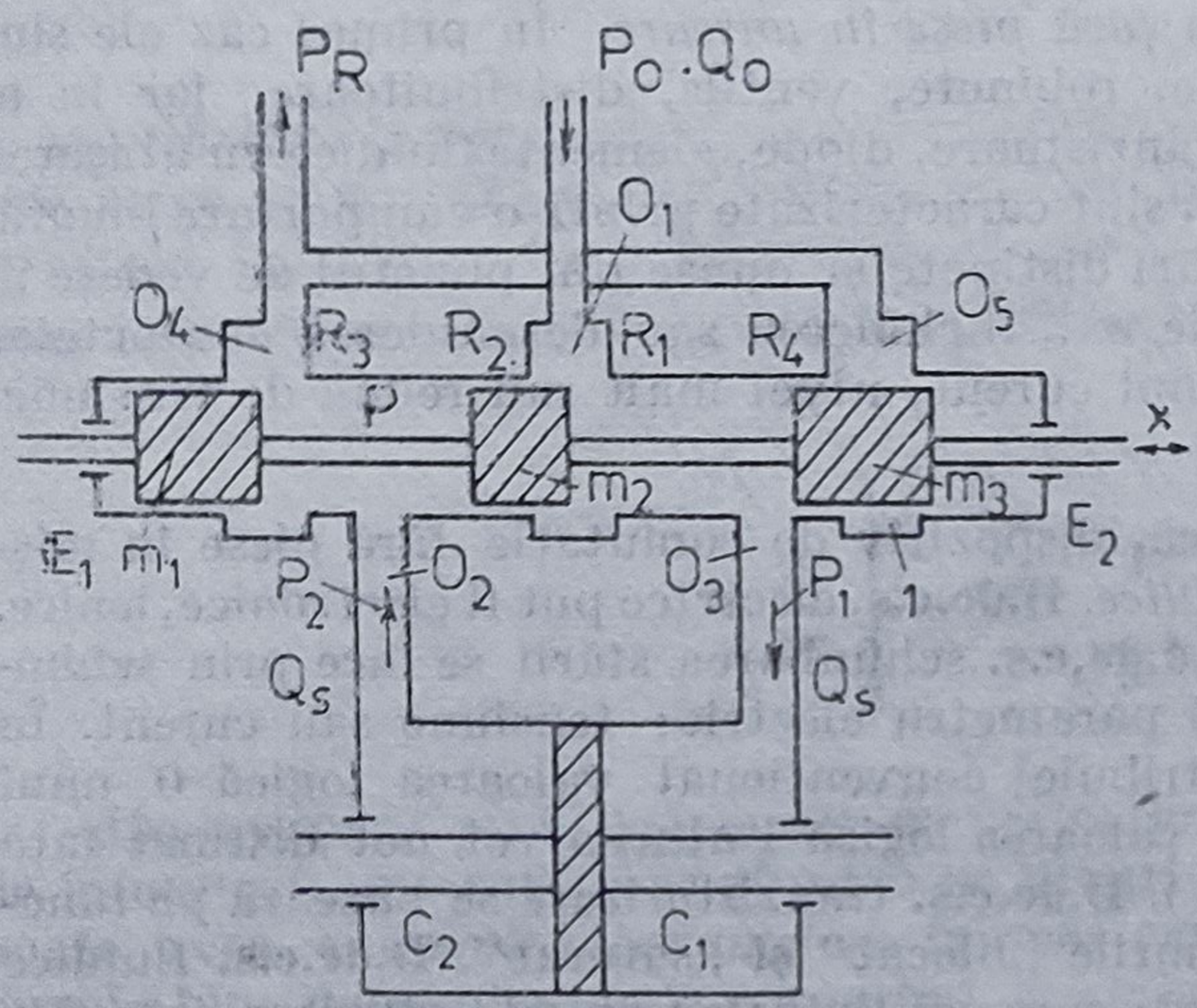


Fig. D.13. Distribuitor hidraulic.

distribuție, generalizare a noțiunii clasice de funcție, ce permite exprimarea într-o formă matematică a unor noțiuni idealizate cum ar fi: densitatea unui punct material, densitatea unei sarcini sau a unui dipol punctual, intensitatea unei surse punctuale instantanee, presiunea datorată unei forțe aplicate într-un punct etc. Pentru definirea noțiunii de **d.** sînt necesare următoarele noțiuni: mulțimea funcțiilor de probă $\mathfrak{D} = \mathfrak{D}(\mathbb{R}^n)$ este formată din funcțiile indefinit derivabile, cu suport compact în $\mathbb{R}^n$,; pentru o funcție φ: $\mathbb{R}^n \to \mathbb{C}$ se notează cu $z_\varphi = \text{int}\ \{x \in \mathbb{R}^n | \varphi(x) = 0\}$ interiorul mulțimii de anulare a lui φ; supp $\varphi = \{x \in \mathbb{R}^n | \varphi(x) \neq 0\} = C(z_\varphi)$ suportul lui φ care este deci complementara celui mai mare deschis pe care φ se anulează; dacă supp φ este mărginită atunci φ se zice cu suport mărginit (sau compact); în $\mathfrak{D}$ se definește convergența astfel: șirul de funcții $\varphi_1, \varphi_2, \ldots$ din $\mathfrak{D}$ converge către φ din $\mathfrak{D}$ dacă: a) există un număr $R > 0$ așa încît supp $\varphi_k \subset U_R$; b) pentru orice $\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_n)$

$$D^\alpha \ \varphi_k(x) \overset{x \in \mathbb{R}^n}{\Longrightarrow} D^\alpha \ \varphi(x), \quad k \to \infty$$

unde D^α reprezintă operatorul de derivare, caz în care se notează $\varphi_k \to \varphi$, $k \to \infty$ în $\mathfrak{D}$. Mulțimea liniară $\mathfrak{D}$ cu convergența introdusă anterior se numește spațiul $\mathfrak{D}$ al funcțiilor de probă. Se numește funcțională liniară pe spațiul $\mathfrak{M}$, operatorul liniar care aplică pe $\mathfrak{M}$ în mulțimea numerelor complexe. Valoarea funcționalei l pe elementul f va fi notată cu (l, f); o funcțională l este continuă dacă $f_k \to 0$, $k \to \infty$ în $\mathfrak{M}$ implică convergența spre zero a șirului de numere complexe $(l, f_k) \to 0$, $k \to \infty$. Se numește **d.** orice funcțională liniară continuă pe spațiul funcțiilor de probă $\mathfrak{D}$ și valoarea **d.** f pe funcția de probă φ va fi notată (f, φ). Se notează formal **d.** cu $f(x)$, unde x reprezintă argumentul funcției de probă asupra căreia acționează funcționala f. Ca urmare:

a) **d.** f este o funcţională pe $\mathcal{D}$: fiecărei funcţii de probă $\varphi \in \mathcal{D}$ îi asociază numărul (complex) (f, φ); b) **d.** f este funcţională liniară pe $\mathcal{D}$ dacă $\varphi, \psi \in \mathcal{D}$ iar $\lambda, \mu \in \mathbb{C}$ atunci

$$(f, \lambda\varphi + \mu\psi) = \lambda(f, \varphi) + \mu(f, \psi)$$

c) **d.** f este o funcţională continuă pe $\mathcal{D}$ dacă din $\varphi_k \to 0$, $k \to \infty$ în $\mathcal{D}$, rezultă $(f, \varphi_k) \to 0$, $k \to \infty$. Se notează cu $\mathcal{D}'$ mulţimea **d.** În $\mathcal{D}'$ se defineşte convergenţa, ca o convergenţă slabă a şirului de funcţionale: şirul de **d.** $f_1, f_2, \ldots$ din $\mathcal{D}'$ converge către **d.** $f \in \mathcal{D}'$ dacă $\forall \varphi \in \mathcal{D}$, $(f_k, \varphi) \to (f, \varphi)$, $k \to \infty$ şi se notează $f_k \to f$, $k \to \infty$ în $\mathcal{D}'$. Spaţiul liniar $\mathcal{D}'$ cu convergenţa definită anterior se numeşte *spaţiul de* **d.** $\mathcal{D}'$. Se numesc **d.** *regulate* acele **d.** generate de funcţii local integrabile (în sens Lebesgue) în $\mathbb{R}^n$ prin relaţia

$$(f, \varphi) = \int f(x)\, \varphi(x)\, dx, \ \varphi \in \mathcal{D}$$

unde $f(x)$ este local integrabilă pe $\mathbb{R}^n$. O **d.** care nu este regulată se numeşte **d.** *singulară*.

distribuţie Dirac (→**funcţie Dirac**), cazul cel mai simplu de *distribuţie singulară*,

$$(\delta, \varphi) = \varphi(0), \ \varphi \in \mathcal{D}$$

şi evident că $\delta \in \mathcal{D}'$, $\delta(x) = 0$, $x \neq 0$ astfel că supp $\delta = \{0\}$. Reprezentarea uzuală a distribuţiei φ este dată în fig. D.14. Dacă $1(x)$ este funcţia treaptă unitară, utilizînd derivarea distribuţiilor se deduce că

$$[1(x)]' = \delta(\ )$$

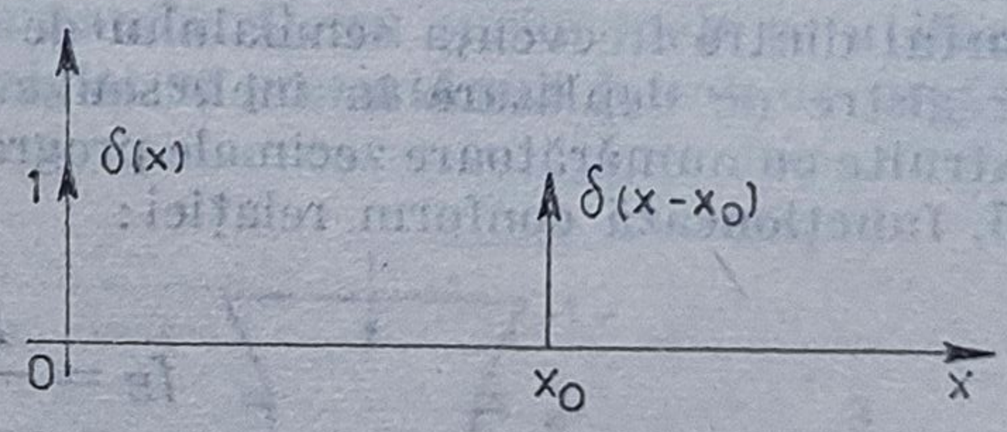


Fig. D.14. Distribuţie Dirac.

Se remarcă în final că în teoria sistemelor, variabila independentă este timpul t, deci **d.D.** va fi $\delta(t)$.

divizibilitatea automatelor → simularea automatelor

divizor, dispozitiv de calcul analogic sau numeric care efectuează împărţirea a două semnale şi furnizează la ieşire cîtul lor, în aceeaşi reprezentare ca operanzii de intrare. **D.** *analogic* este un dispozitiv electronic de calcul care realizează împărţirea a două semnale analogice aflate într-o anumită gamă de variaţie. Împărţirea a două tensiuni se realizează plasînd un element multiplicator în reacţia unui amplificator operaţional (fig. D.15). **D.** analogic se realizează sub formă de circuite integrate hibride. **D.** *numeric* este un element de calcul aritmetic care realizează împărţirea a doi operanzi exprimaţi în formă numerică, furnizînd la ieşirea rezultatul împărţirii tot sub formă numerică. **D.** numeric se realizează în două variante de bază (secvenţiale): a) prin secvenţă de operaţii de scădere, test şi deplasare controlată software, de o unitate arit-

metic-logică, aceeași care realizează și celelalte operații aritmetice; b) hardware, utilizînd circuite specializate integrate pe scară medie, care asigură o secvență de deplasări și scăderi ale împărțitorului din deimpărțit, condiționate

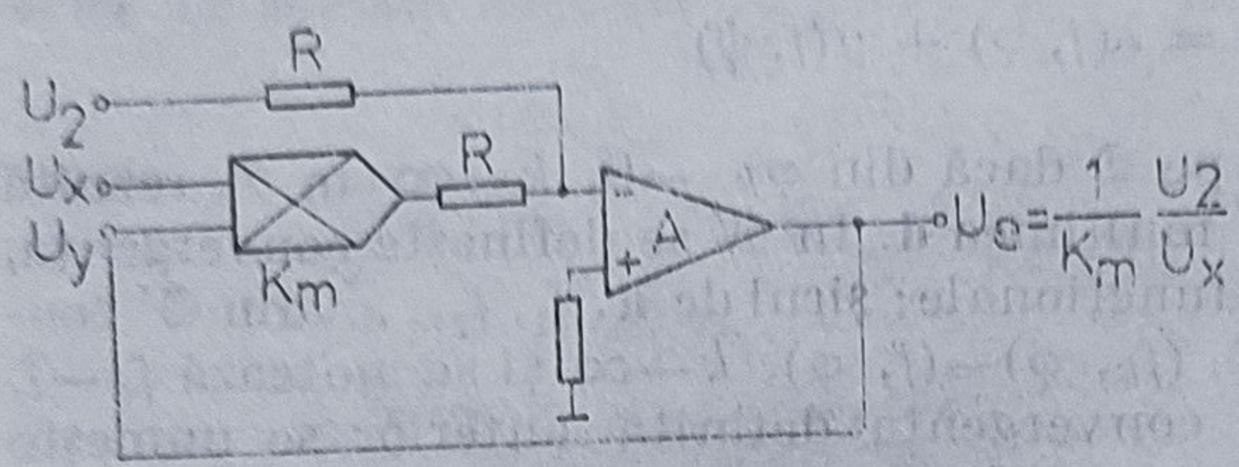


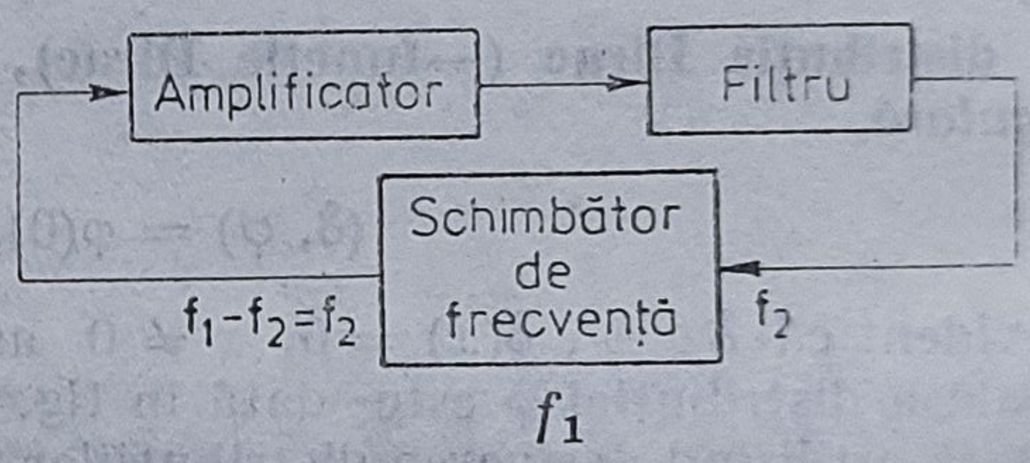
Fig. D.15. Divizor analogic.

de apariția unui împrumut. Această tehnică face necesară prezența unui circuit comparator, sau o scădere de probă urmată cînd este necesar, de o adunare, pentru a o anula (metoda cu refacere) sau necesită o secvență de comandă mai complicată alternînd între scăderi și adunări (metoda fără refacere).

divizor de frecvență, dispozitiv electronic care divide frecvența semnalului periodic aplicat la intrare. **D.def.** sinusoidale utilizează schimbătoare de frecvență, conform schemei din fig. D.16. La intrările schimbătorului de frecvență

Fig. D.16. Divizor analogic de frecvență, cu 2:

$$f_2 = \frac{1}{2} f_1$$



se aplică două oscilații de frecvențe f_1, f_2, și la ieșirea sa se obține un semnal sinusoidal de frecvență egală cu $\pm mf_1 \pm nf_2$, unde m și $n \in N$. **D.de f.** se construiesc comod în tehnica numerică cu numărătoare modulo n, unde n este raportul dintre frecvența semnalului de intrare și cea a semnalului de ieșire, cu registre de deplasare în inel, sau cu circuite de tip monostabil. **D.de f.** construite cu numărătoare zecimale programabile, sincrone, realizate cu circuite MSI, funcționează conform relației:

$$f_E = \frac{Mf_I}{10}$$

unde $M = D2^3 + C2^2 + B2^1 + A2^0$, f_E și f_I fiind, respectiv, frecvența de ieșire și cea de intrare (max. 32 MHz), iar M numărul zecimal ($M \in 0 \ldots 9$) cu care se execută divizarea, M fiind furnizat divizorului de frecvență numeric ca un cod pe 4 linii (fig. D.17).

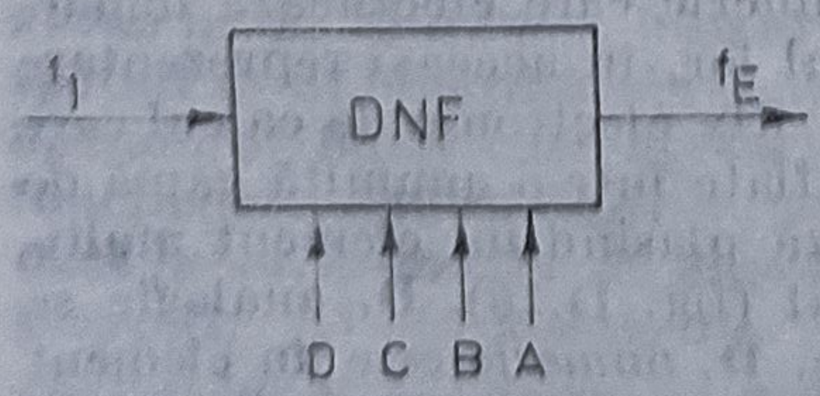


Fig. D.17. Divizor numeric de frecvență.

dozator, organ de reglare pentru debitele de material solid (de ex., cele utilizate la: prepararea cimentului, a betonului, alimentarea cazanelor de abur avînd drept combustibil cărbune pulverizat sau brut, la crearea amestecurilor

pentru sîrmă, electrozi de sudură etc.). Cele mai frecvent folosite **d.** pentru materiale solide sînt: **d.** *cu bandă*, **d.** *cu șurub melc* și **d.** *cu raclete*. Caracteristicile statice ale **d.** depind de proprietățile materialelor (masa specifică, umiditate etc.), ce se pot modifica în timp. La caracteristica dinamică a **d.** apare un timp mort, valoarea acestuia fiind dată de viteza benzii sau a șurubului melc, cît și de

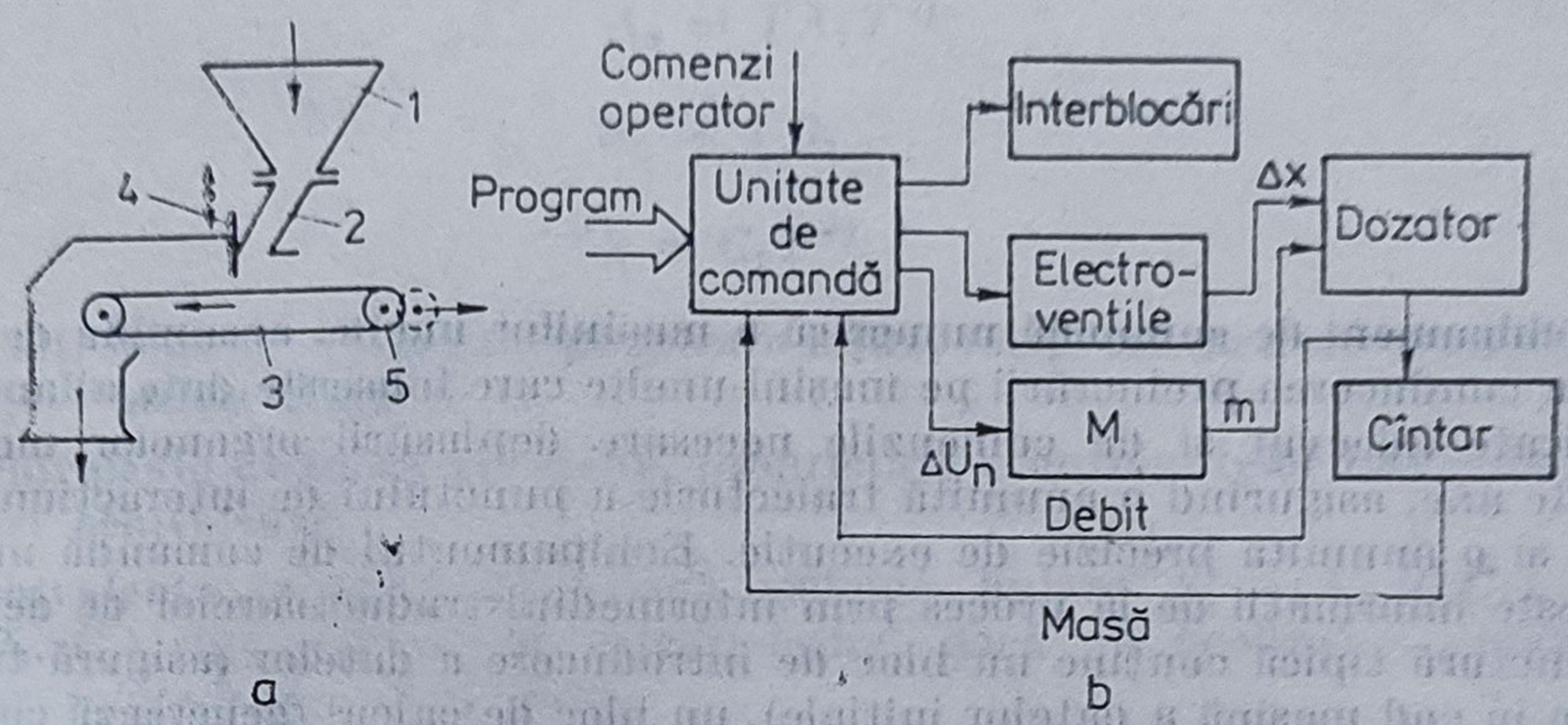


Fig. D.18. Dozator cu bandă.

dimensiunile acestora. Un exemplu de **d.** cu bandă este prezentat în fig. D.18. Materialul solid, sub formă granulată, depozitat în buncărul *1* trece prin canalul *2* pe banda în mișcare *3*, de unde este transportat spre instalația următoare, care poate fi o moară, un concasor etc. Cantitatea de material transportat poate fi reglată prin variația înălțimii stratului modificînd corespunzător poziția clapetei *4* (Δx), sau prin variația vitezei benzii transportoare (ΔU_n), prin comanda respectiv a unor electroventile *EV*, sau a unui motor de curent continuu (*M*). Reglarea debitului de material la **d.** cu bandă se realizează frecvent în tehnica numerică. În fig. D.18, *b* este prezentat un sistem de reglare a debitului de material pentru un **d.** cu bandă. **D.** cu șurub melc se utilizează atunci cînd materialul solid ce trebuie reglat se prezintă sub formă de praf (fig. D.19).

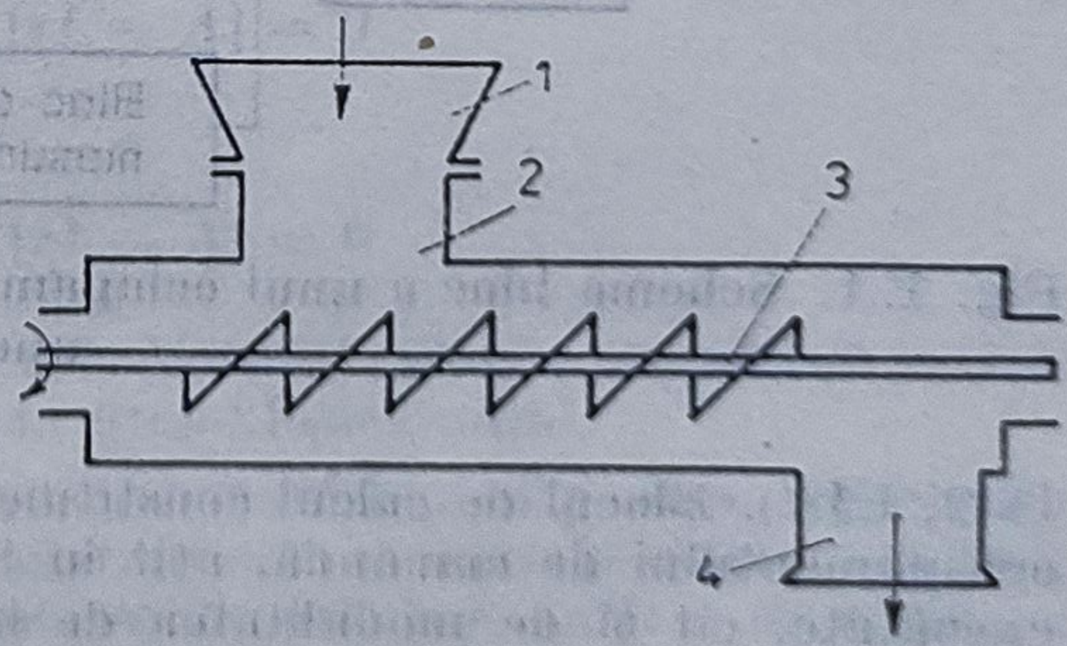


Fig. D.19. Dozator cu șurub melc.

drum (într-un graf), mulțime a arcelor dintr-un graf, care face legătura între două noduri ale grafului.

E

echipament de comandă numerică a mașinilor unelte, ansamblu de blocuri pentru conducerea prelucrării pe mașini-unelte care folosește date alfanumerice codificate adecvat și dă comenzile necesare deplasării organelor mobile pe diferite axe, asigurînd o anumită traiectorie a punctului de interacțiune sculă-piesă și o anumită precizie de execuție. Echipamentul de comandă numerică primește informații de la proces prin intermediul traductoarelor de deplasare. O structură tipică conține un bloc de introducere a datelor (asigură transformarea în cod mașină a datelor inițiale), un bloc de calcul (generează comenzile de deplasare), un bloc de comandă a elementelor de execuție, un bloc de măsură (asigură aducerea informațiilor din proces la o formă accesibilă blocului de calcul) și, opțional, un bloc de afișare și semnalizare generală (fig. E.1). Introducerea datelor se poate efectua manual, prin tastatură, sau automat, suportul cel mai frecvent utilizat fiind banda perforată (coduri uzuale pentru date:

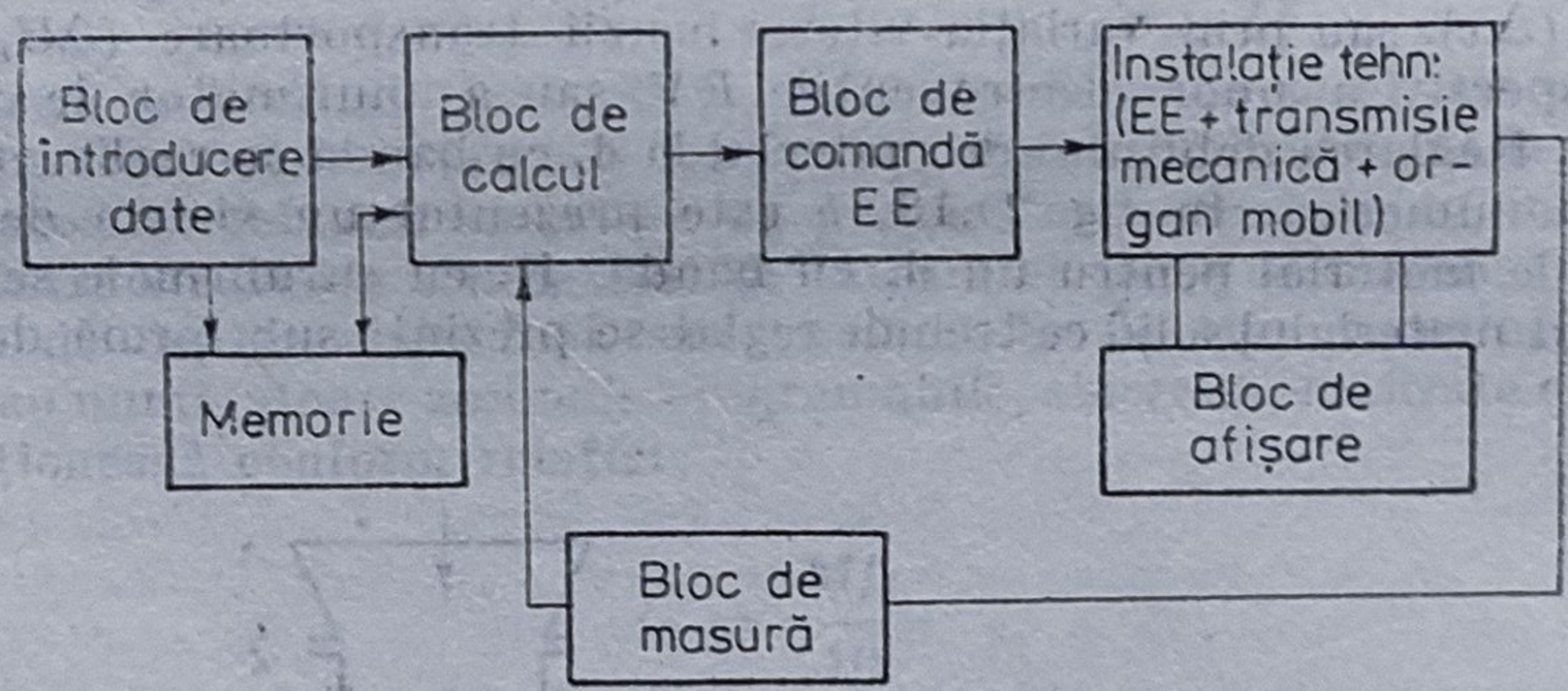


Fig. E.1. Schema bloc a unui echipament de comandă numerică a mașinilor-unelte.

ISO, EIA). Blocul de calcul constituie partea cea mai versatilă din structura echipamentului de comandă, atît în funcție de comenzile care urmează a fi executate, cît și de modalitatea de implementare (hardware specializat sau structură de mini sau microcalculator). Principalele funcții executate de blocul de calcul sînt interpolare liniară și circulară, selecția vitezei de lucru, comanda de încetinire a vitezei la oprire, calculul corecțiilor. Blocul de comandă a elementelor de execuție furnizează semnale necesare pentru acționarea reglabilă, cele mai frecvente elemente de execuție la mașini-unelte fiind motoare electrice de curent continuu, motoare electrice sau electrohidraulice pas cu pas, motoare hidraulice liniare sau rotative. Blocul de măsură prelucrează semnale de la traductoare de deplasare, cele mai utilizate în comanda numerică a maşi-

nilor-unelte fiind: selsine, inductosyne, traductoare numerice absolute sau incrementale.

echivalența algebrică a sistemelor liniare, două sisteme $S_1-(A_1, B_1, C_1)$ $S_2-(A_2, B_2, C_2)$ sînt echivalente algebric dacă și numai dacă există o matrice nesingulară T, definind o transformare de coordonate $x_2 = Tx_1$, astfel încît

$$A_2 = TA_1T^{-1}$$

$$B_2 = TB_1$$

$$C_2 = C_1T^{-1}$$

E.a. a s.l. implică → **echivalența intrare-ieșire,** reciproca nefiind în general adevărată, → **sistem dinamic.**

echivalența automatelor finite, proprietate a automatelor finite de a avea → **stări echivalente.**

echivalența intrare-ieșire, două sisteme liniare $S_1-(A_1,B_1,C_1)$, $S_2-(A_2, B_2, C_2)$ sînt echivalente intrare-ieșire, dacă au aceleași → **matrici de transfer** *intare-ieșire*, deci dacă:

$$C_1(sI_1 - A_1)^{-1}B_1 = T_1(s) = T_2(s) = C_2(sI_2-A_2)^{-1}B_2$$

echivalență de scheme funcționale, două scheme funcționale, corespunzînd la două sisteme, sînt echivalente dacă sistemele sînt → **echivalente intrare-ieșire.**

echivocație, entropie condiționată care reprezintă valoarea medie a incertitudinii asupra cîmpului de la intrare X cînd se cunoaște cîmpul de la ieșire Y (→ **entropie**)

$$H(X/Y) = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} p(x_i, y_j) \lg p(x_i/y_j)$$

ecuație caracteristică, a unui sistem liniar, invariant, (A, B, C),

$$\chi(s) = \det [sI - A] = 0$$

dacă sistemul este continuu, respectiv

$$\chi(z) = \det [zI - A] = 0$$

dacă sistemul este discret. Rădăcinile **e.c.** constituie valorile proprii ale matricei A și determină, în principal, răspunsul în timp al sistemului.

ecuație de dinamică, model matematic abstract al unui proces, reprezentat ca sistem; ca urmare **e.de d.** permite determinarea evoluției → **mărimii de ieșire** $y(t): t \geqslant t_0$, cînd → **mărimea de intrare** este cunoscută ($u = \omega(t)$) și, de asemenea, se cunosc → **condițiile inițiale** ale sistemului. **E.de d.** sînt ecuații diferențiale, specifice pentru diverse clase de sisteme și anume: a) ecuații diferențiale ordinare pentru → **sisteme dinamice** cu parametri concentrați; b) ecuații cu derivate parțiale în cazul → **sistemelor cu parametri distribuiți**; c) ecuații diferențiale liniare pentru sisteme dinamice liniare, cu parametri concentrați, și anume, cu coeficienți constanți sau funcții de timp după cum sistemul este invariant sau variant; d) ecuații diferențiale neliniare pentru sisteme dinamice neliniare cu parametri concentrați; variabila t apare explicit în cazul sistemelor variante.

E .de d. pot, de asemenea, să exprime dependenţa intrare-ieşire sau implicaţia

$$u \rightarrow x \rightarrow y$$

unde x este variabila de stare.

ecuaţiile reglării, exprimare matematică a condiţiilor în care → **problema reglării** are soluţie: dacă A_R este stabilă ($\sigma(A_R) \subset \mathbb{C}^-$) atunci problema reglării are o soluţie dacă şi numai dacă există matricea V astfel încît să fie satisfăcute e.r.:

$$A_R V - V A_2 + B_R = 0$$

$$D_R V + D_2 = 0$$

unde matricile A_R, B_R, D_R, D_2, A_2 sînt evidenţiate la definirea noţiunii de sistem dinamic, respectiv la problema reglării.

eficienţa canalului de comunicaţie, mărime care indică cît de mult se îndepărtează transinformaţia de valoarea ei maximă: $\eta_c = \dfrac{I(X, Y)}{C}$, unde $I(X, Y)$ este transinformaţia, iar C capacitatea canalului (→**transinformaţie,**→ **capacitate canal**).

electrovalvă, ventil electromagnetic cu trei căi, utilizat pentru comanda elementelor pneumatice. E. sînt prevăzute cu două ventile acţionate simultan (unul normal deschis, celălalt normal închis), care permit: punerea în legătură a elementului pneumatic cu sursa de aer comprimat, trecerea spre evacuare a aerului fiind blocată; punerea în legătură a elementului pneumatic cu calea de evacuare a aerului, trecerea aerului comprimat de la sursă la elementul pneumatic fiind blocată. Tipuri de e.: *EVc* (cu ventilul de admisie a aerului comprimat normal închis şi ventilul de evacuare normal deschis); *EVd* (cu ventilul de admisie normal deschis şi ventilul de evacuare normal închis — fig. E.2); *EV—3Dn* (cu armătură cu trei căi, normal închise, cu închideri sau deschideri totale de debit în conducte) etc. Caracteristici tehnice pentru e.

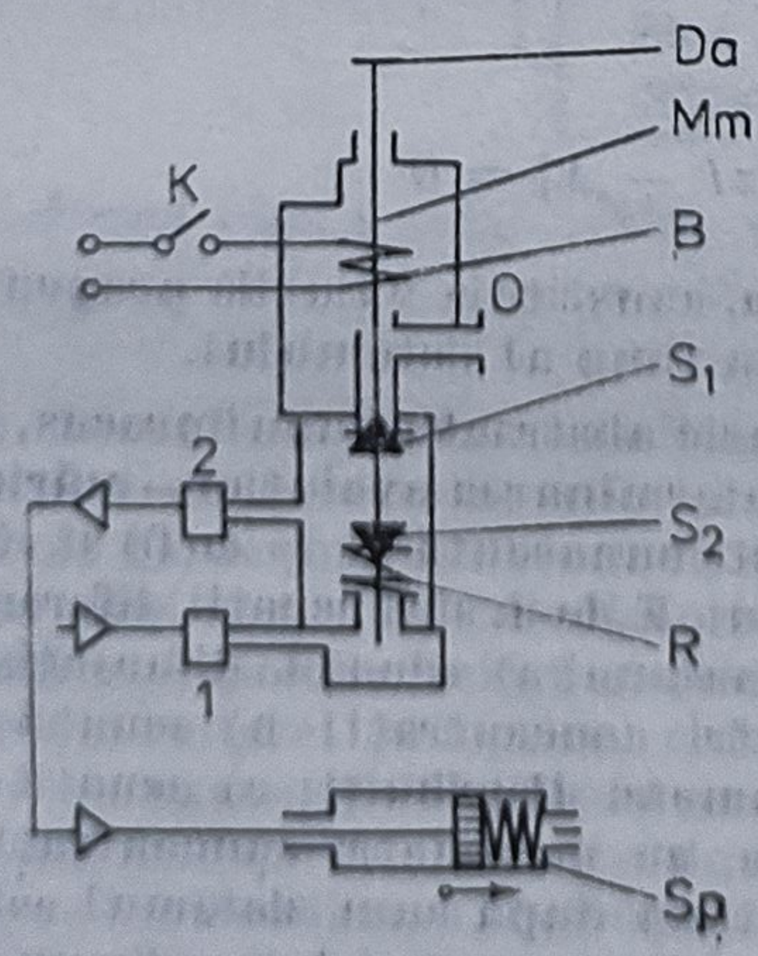


Fig. E.2. Electrovalvă tip *EVd*.

de tip *EVc* şi *EVd*: presiunea de lucru :4—6 bar (±10 %); tensiunea nominală: 42 , 48, 110, 180 $V_{c.c.}$ (±10 %), puterea absorbită: max. 40 W.

element de acţionare, bloc component al unui element de execuţie, reprezentînd partea sa motoare. **E.de a.** reprezintă dispozitivul generator de cuplu sau de forţă prin care elementul de execuţie acţionează asupra organului de reglare. Aceste cupluri sau forţe sînt generate de **e. de a.** prin utilizarea energiei preluate de la surse exterioare dispozitivului de automatizare, energie comandată de mărimea *u* de la ieşirea regulatorului. După natura energiei utilizate, **e.de a.** sînt constituite din servomotoare electrice, hidraulice sau pneumatice.

element de anticipare, sistem dinamic elementar, nerealizabil fizic, caracterizat de faptul că faza sa este pozitivă în tot domeniul de pulsaţii ($\omega \geqslant 0$). **E.de a.** apar însă în cadrul funcţiilor de transfer fizic realizabile (corespunzînd factorizării, cu coeficienţi reali, a numărătorului, deci o factorizare după zerouri) sau reprezintă o aproximare, într-un domeniu de frecvenţă limitat, a unor sisteme fizic realizabile. În contextul funcţiilor de transfer raţionale cu coeficienţi reali $H(s) \in \mathbb{R}(s)$ se evidenţiază următoarele **e.de a.: → element derivativ, → element de anticipare de ordin 1, → element de anticipare de ordin 2.** Deoarece aceste elemente nu sînt fizic realizabile nu are sens determinarea răspunsului lor; putînd să apară în contextul unui sistem fizic realizabil, studiul caracteristicilor de frecvenţă ale **e.de a.** este util pentru determinarea comportării în frecvenţă (→ **caracteristicile logaritmice**) a respectivului sistem.

element de anticipare de ordin 1, sistem dinamic elementar descris de funcţia de transfer cu un zerou real:

$$H(s) = 1 + Ts, \; T > 0$$

unde T este → **constanta de timp.** Caracteristicile logaritmice ale elementului sînt prezentate în fig. E.3.

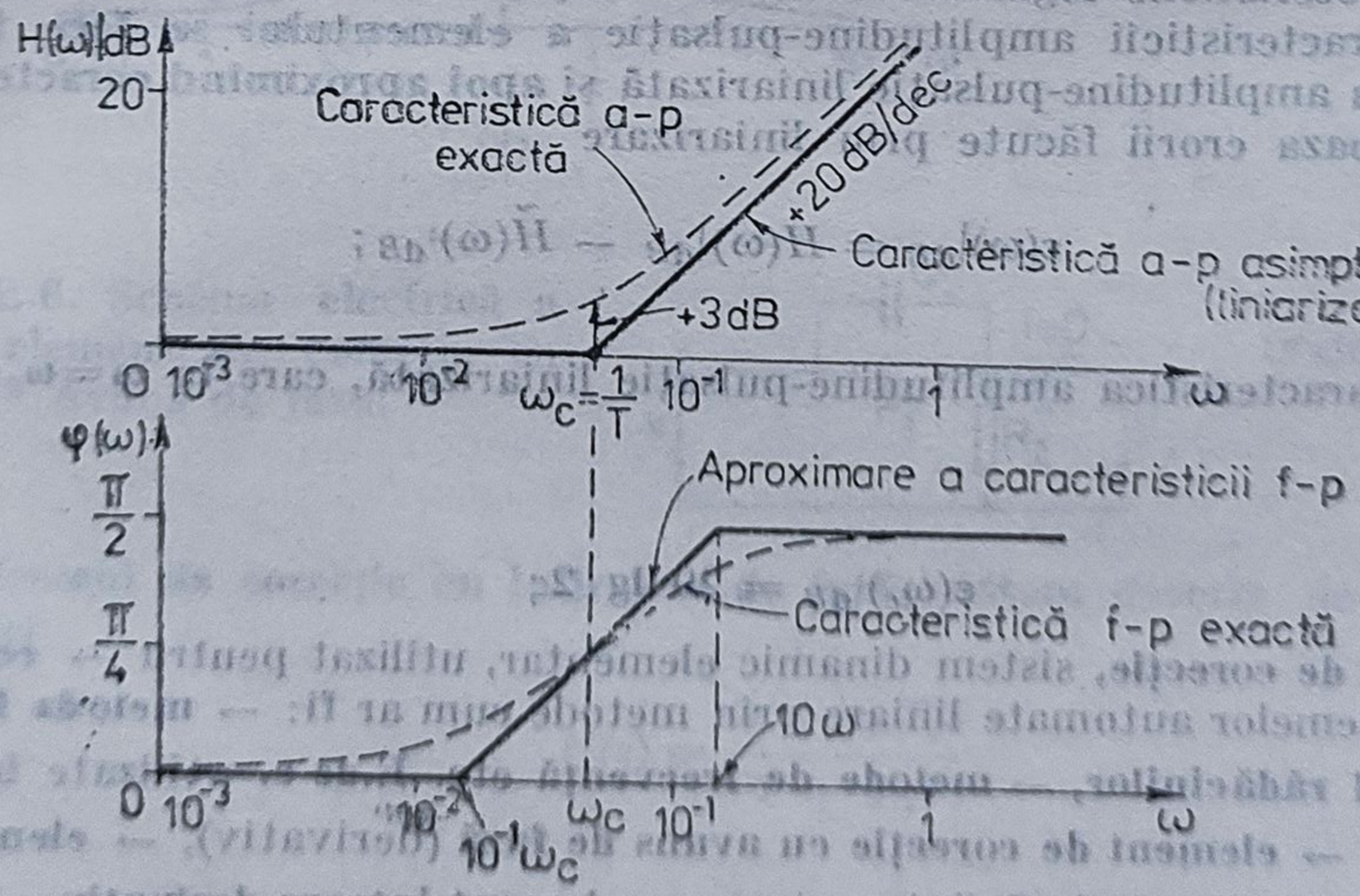


Fig. E.3. Caracteristicile logaritmice ale unui element de anticipare de ordinul 1.

element de anticipare de ordin 2, sistem dinamic elementar descris de funcţia de transfer cu două zerouri complex conjugate:

$$H(s) = T^2s^2 + 2\zeta Ts + 1, \quad T > 0, \quad \zeta \in [0, 1]$$

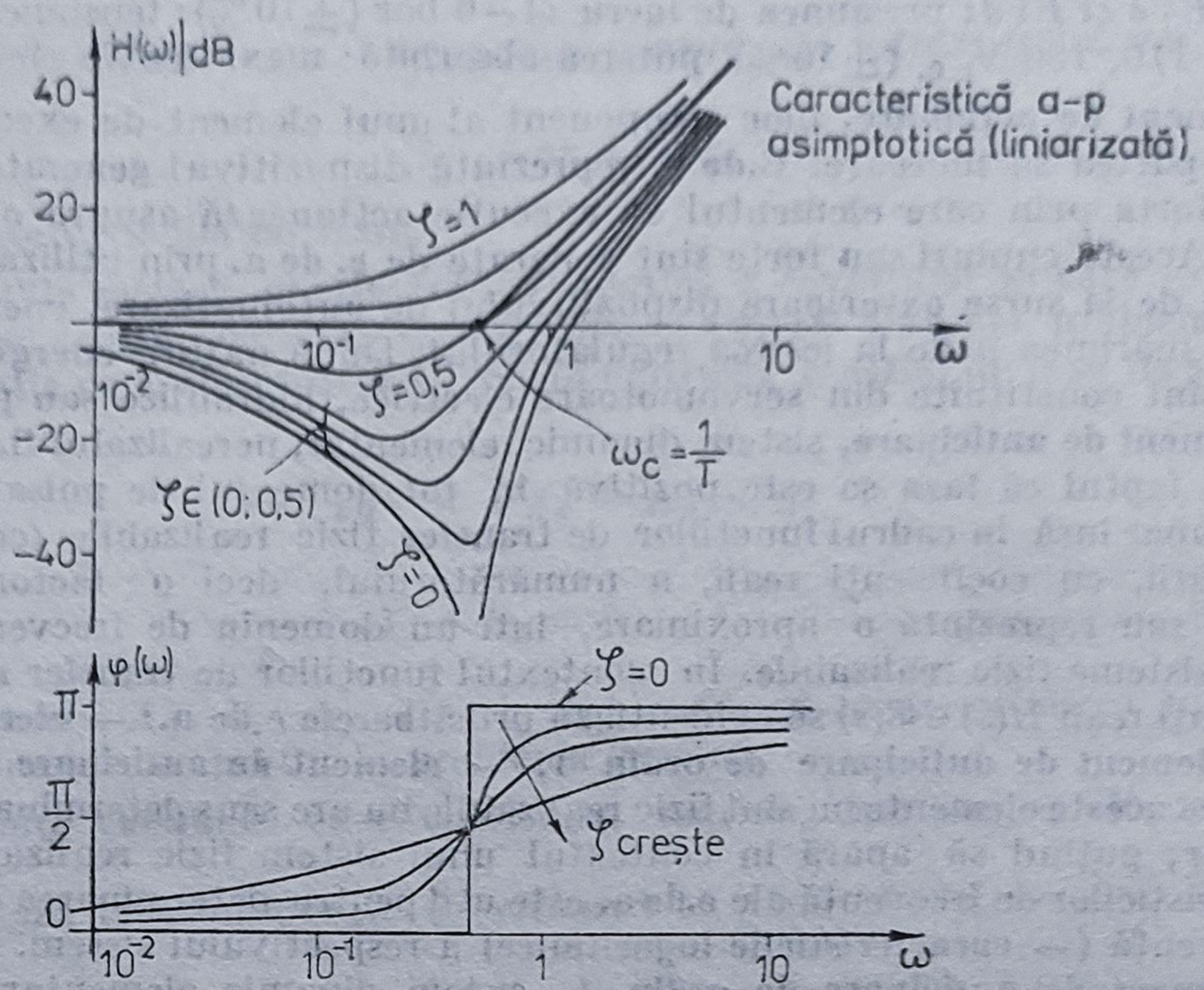


Fig. E.4. Caracteristicile logaritmice ale unui element de anticipare de ordinul 2.

cu $T \rightarrow$ **constanta de timp,** $\zeta \rightarrow$ **coeficient de amortizare.** În fig. E. 4 sînt prezentate caracteristicile logaritmice de frecvență, evident dependente de ζ. Trasarea caracteristicii amplitudine-pulsație a elementului se face trasînd caracteristica amplitudine-pulsație liniarizată și apoi aproximînd caracteristica exactă, pe baza erorii făcute prin liniarizare

$$\varepsilon(\omega)|_{dB} = H(\omega)|_{dB} - \tilde{H}(\omega)|_{dB};$$

$\tilde{H}(\omega)|_{dB}$ = caracteristica amplitudine-pulsație liniarizată, care în $\omega = \omega_e = \dfrac{1}{T}$ are expresia

$$\varepsilon(\omega_e)|_{dB} = 20 \lg 2\zeta$$

element de corecție, sistem dinamic elementar, utilizat pentru → **corecția** (sinteza) sistemelor automate liniare prin metode cum ar fi: → **metoda locului geometric al rădăcinilor,** → **metode de frecvență** etc. **E.de c.** utilizate în mod curent sînt: → **element de corecție cu avans de fază** (derivativ), → **element de corecție cu întîrziere de fază** (integrator), → **element integro-derivativ.**

element de corecție cu avans de fază, sistem dinamic descris de funcția de transfer

$$H(s) = \alpha_d \frac{1 + T_d s}{1 + \alpha_d T_d s}, \qquad \alpha_d \in (0,1)$$

utilizat pentru sinteza sistemelor automate liniare. Caracteristicile logaritmice de frecvenţă sînt prezentate în fig. E.5. în care parametrii

$$\begin{cases} \omega_M = \dfrac{1}{T_d\sqrt{\alpha_d}} \\ \varphi_M = \varphi(\omega_M) = \operatorname{arctg}\dfrac{1}{\sqrt{\alpha_d}} - \operatorname{arctg}\sqrt{\alpha_d} = \operatorname{arctg}\dfrac{1-\alpha_d}{2\sqrt{\alpha_d}} \end{cases}$$

se utilizează în mod deosebit în sinteză. Realizarea electrică a elementului de corecţie este prezentat în fig. E.6.

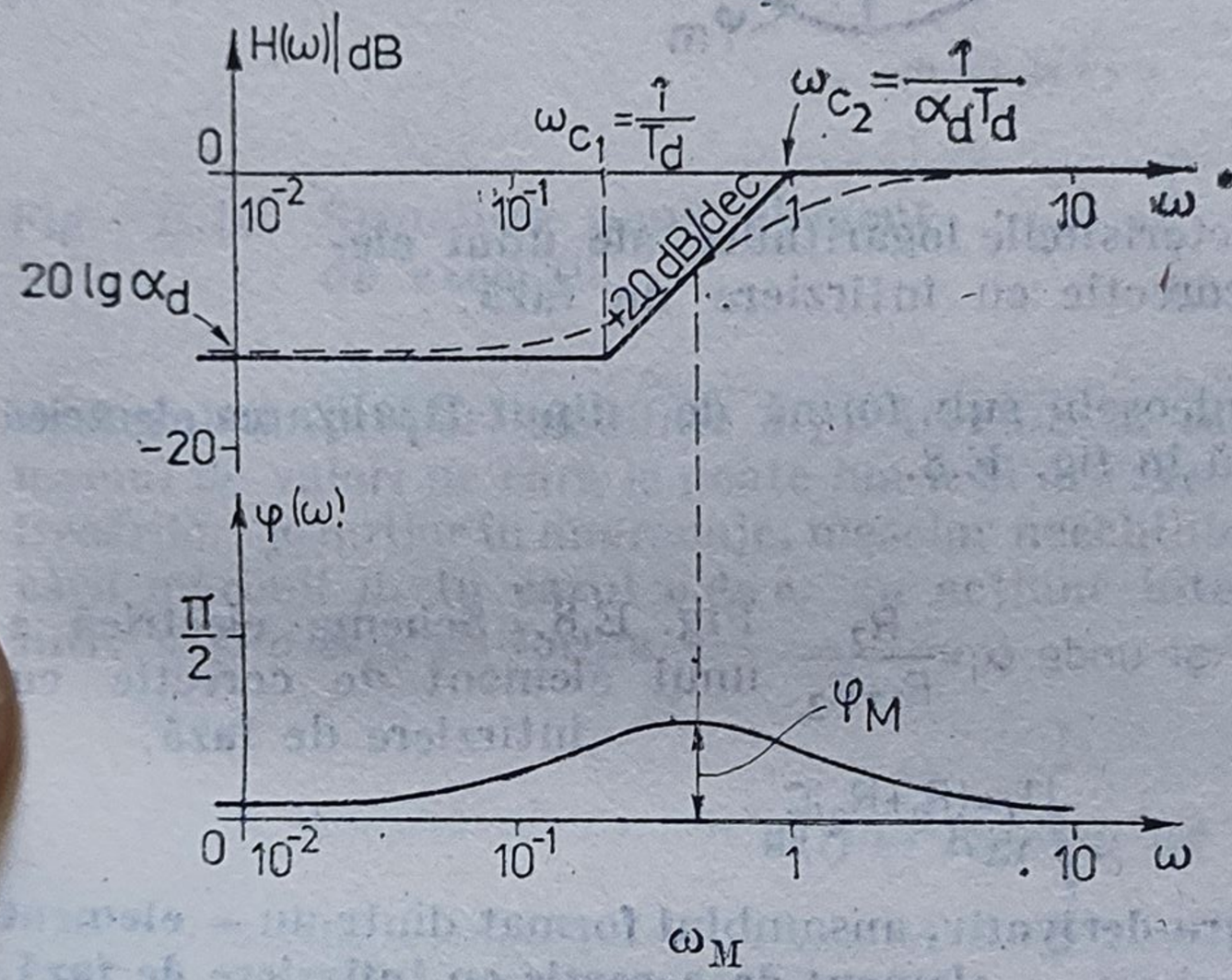
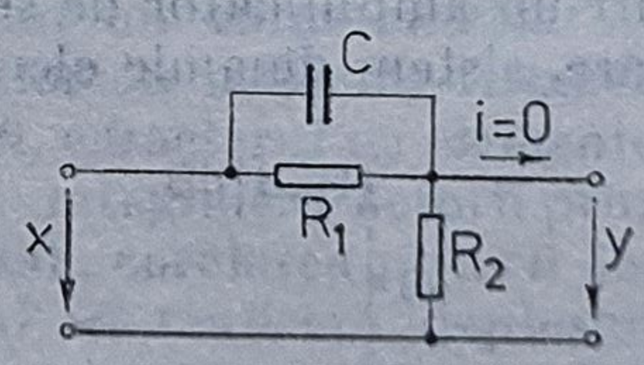


Fig. E.5. Caracteristicile logaritmice ale unui element de corecţie cu avans de fază.

Fig. E.6. Schema electrică a unui element de corecţie cu avans de fază.



unde: $\alpha_d = \dfrac{R_2}{R_1+R_2}$

$T_d = R_1 C$

element de corecţie cu întîrziere de fază, sistem descris de funcţia de transfer

$$H(s) = \frac{1+\alpha_i T_i s}{1+T_i s}$$

căreia îi corespund caracteristicile logaritmice din fig. E.7. cu

$$\begin{cases} \omega_m = \dfrac{1}{T_i\sqrt{\alpha_i}} \\ \varphi_m = \varphi(\omega_m) = \operatorname{arctg}\sqrt{\alpha_i} - \operatorname{arctg}\dfrac{1}{\sqrt{\alpha_i}} = \operatorname{arctg}\dfrac{\alpha_i - 1}{2\sqrt{\alpha_i}} \end{cases}$$

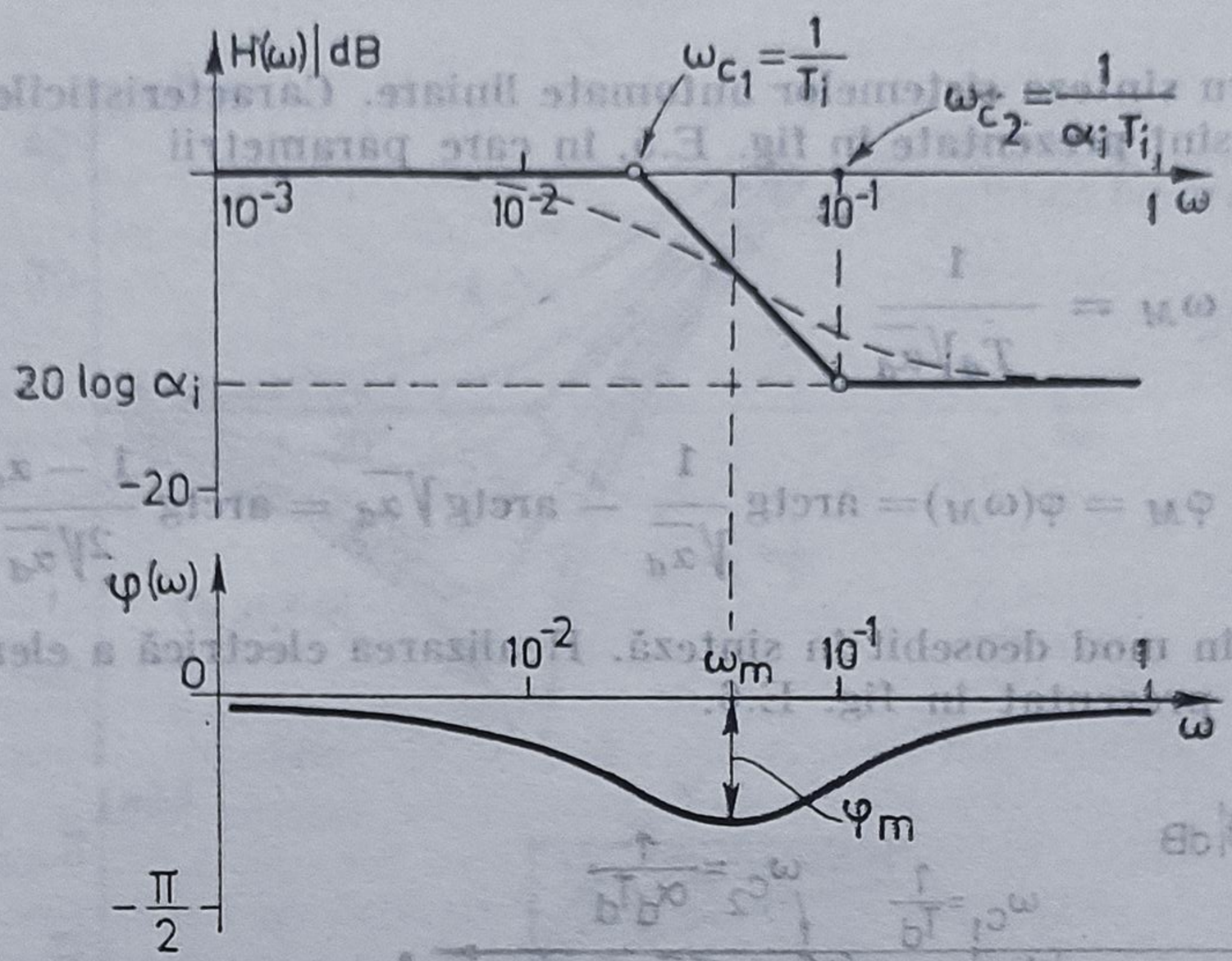
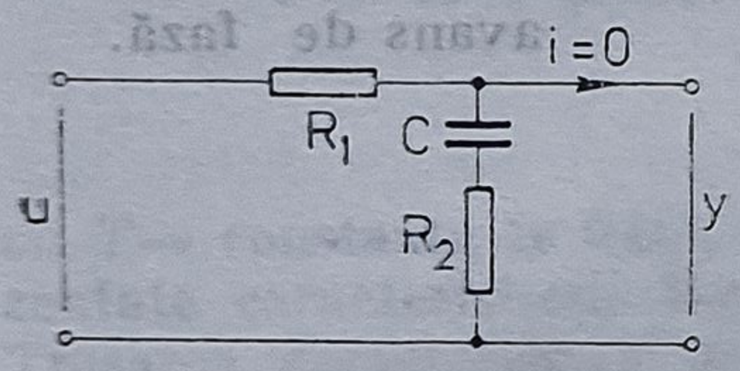


Fig. E.7. Caracteristicile logaritmice ale unui element de corecţie cu întîrziere de fază.

Se utilizează în sinteză îndeosebi sub formă de dipol. Realizarea electrică a elementului este prezentată în fig. E.8.



și unde $\alpha_i = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$

$T_i = (R_1 + R_2)C$

Fig. E.8. Schema electrică a unui element de corecţie cu întîrziere de fază.

element de corecţie integro-derivativ, ansamblul format dintr-un → **element de corecţie cu avans de fază** și un → **element de corecţie cu intîrziere de fază,** cuplate eventual printr-un amplificator de separare.

element de derivare, sistem dinamic elementar descris de funcţia de trans-

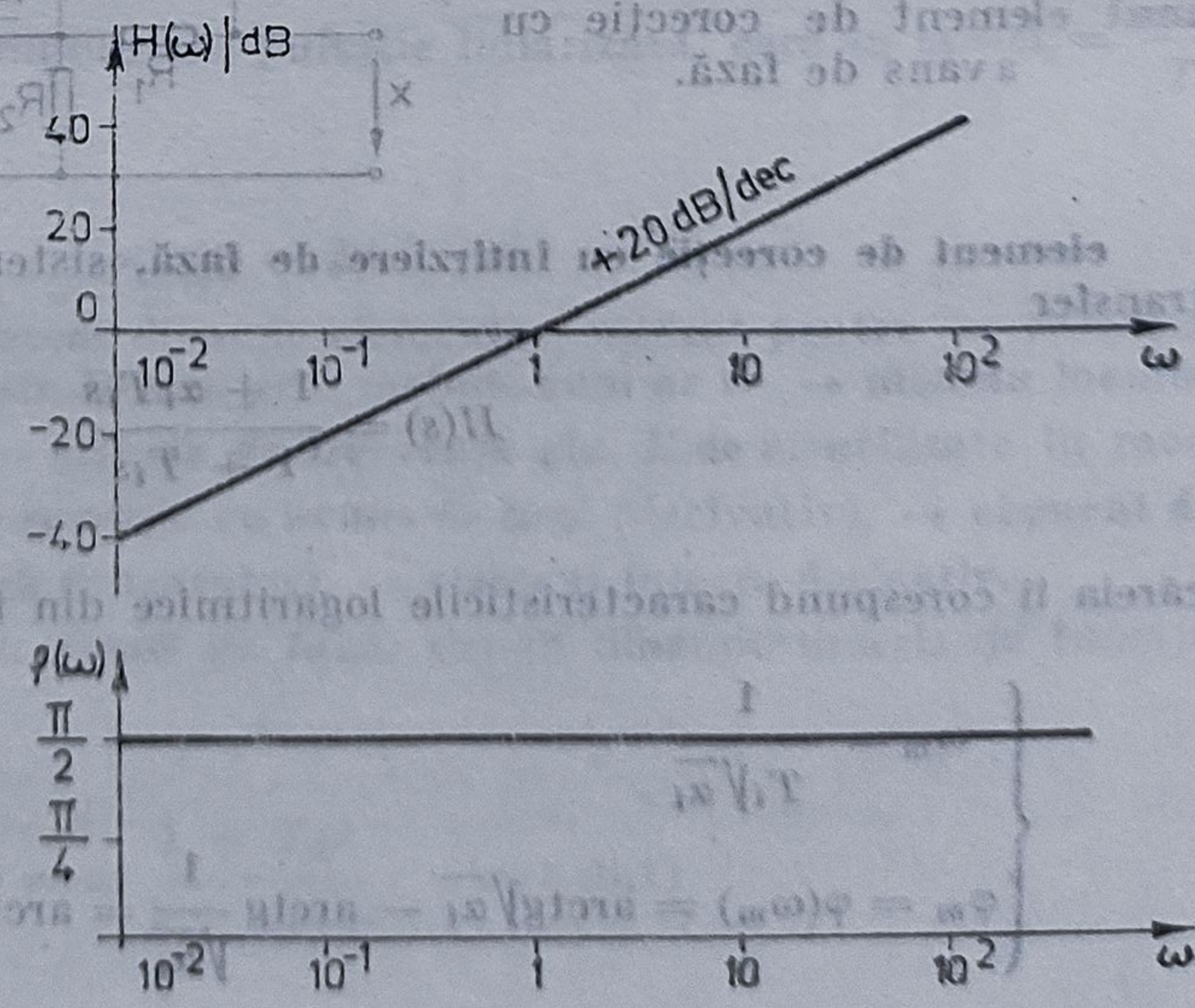


Fig. E.9. Caracteristicile logaritmice ale unui element de derivare.

fer cu un zero în origine:

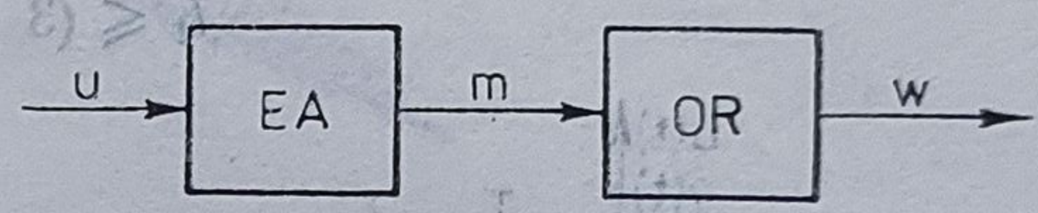
$$H(s) = s$$

Caracteristicile logaritmice de frecvenţă sînt reprezentate în fig. E.9.

element de execuţie, element al unui sistem automat care primeşte la intrare mărimea de comandă u de la regulatorul automat şi furnizează la ieşire mărimea de execuţie w, cu care acţionează asupra instalaţiei tehnologice (a procesului reglat). În general, acţiunea exercitată de **e.de.e.** asupra instalaţiei tehnologice constă în modificarea cantităţii de material sau de energie care intervine în procesul respectiv, cu scopul realizării valorii prescrise pentru mărimea reglată. Un **e.de e.** este compus din element de acţionare (EA), element de execuţie propriu-zis sau servomotor şi organul de reglare (OR) — sau organ de execuţie (fig. E.10). Din punctul de vedere al relaţiei între w şi u, **e.de e.** pot fi cu acţiune proporţională şi cu acţiune integrală. Pentru **e.de e.** cu acţiune proporţională:

$$w = K_{EP}u$$

Fig. E.10. Structura unui element de execuţie.



Factorul de proporţionalitate K_{EP} trebuie să fie constant pentru întreg domeniul de valori pe care le poate lua u şi oricare ar fi forţele ce apar datorită frecărilor, jocurilor în angrenaje, maselor neechilibrate etc. ca urmare a modificării mărimii u. În cazul **e.de e.** cu acţiune integrală, relaţia de dependenţă între w şi u este de forma

$$w(t) = K_{EI}\int_0^t u \, d\tau$$

Dependenţele menţionate presupun un caracter ideal al **e.de e.** În practică o serie de factori ca: inerţia maselor în mişcare, frecările dinamice şi statice, ş.a. conferă **e.de e.**, în multe cazuri, caracterul de elemente de întîrziere asociate cu caracteristici proporţionale sau integrale. Factorii principali în alegerea unui **e.de e.** pentru sisteme automate sînt: corelarea puterii dezvoltate de EA cu cea necesară OR, astfel ca elementul să realizeze deplasarea şi viteza impusă; domeniu de liniaritate cît mai mare şi sensibilitatea ridicată; precizie şi siguranţă în funcţionare cît mai bune; viteză de răspuns cît mai mare; posibilitatea reglării în limite largi şi a reversării sensului de mişcare a OR; robusteţe constructivă şi randament ridicat. Aceste cerinţe sînt satisfăcute de **e.de e.** electrice, hidraulice şi pneumatice.

element de întîrziere, sistem dinamic elementar, de → **ordin dinamic** 1 sau 2 pentru care faza $\varphi(\omega)$ este negativă în toată gama de pulsaţii ($\omega \geqslant 0$). Cum orice → **funcţie de transfer** $H(s) \in \mathbb{R}(s)$, ce descrie intrare -ieşire un sistem liniar cu o intrare şi o ieşire, se poate factoriza, cu coeficienţi reali, după zerouri şi poli se evidenţiază în compunerea sa → **element de întîrziere de ordin 1,** → **element integrator** sau →**element de întîrziere de ordin 2** corespunzînd polilor reali, respectiv polilor complex conjugaţi. **E.de î.** este un sistem dinamic fizic realizabil, descris de o funcţie de transfer raţională strict proprie.

element de întîrziere de ordin 1, sistem dinamic elementar, descris de funcţia de transfer

$$H(s) = \frac{1}{1 + Ts}, \quad T > 0$$

cu $T \rightarrow$ **constanta de timp** şi $s_1 = -\frac{1}{T} \in \mathbb{R} \rightarrow$ **polul** elementului de întîrziere. Răspunsul indicial al elementului de întîrziere este

$$y(t) = 1 - e^{-\frac{t}{T}}, \quad t \geqslant 0$$

avînd reprezentarea din fig. E. 11, deci un răspuns → **aperiodic,** şi pentru care performanţa → **timp tranzitoriu** este

$$t_t \leqslant (3 \div 4)\, T$$

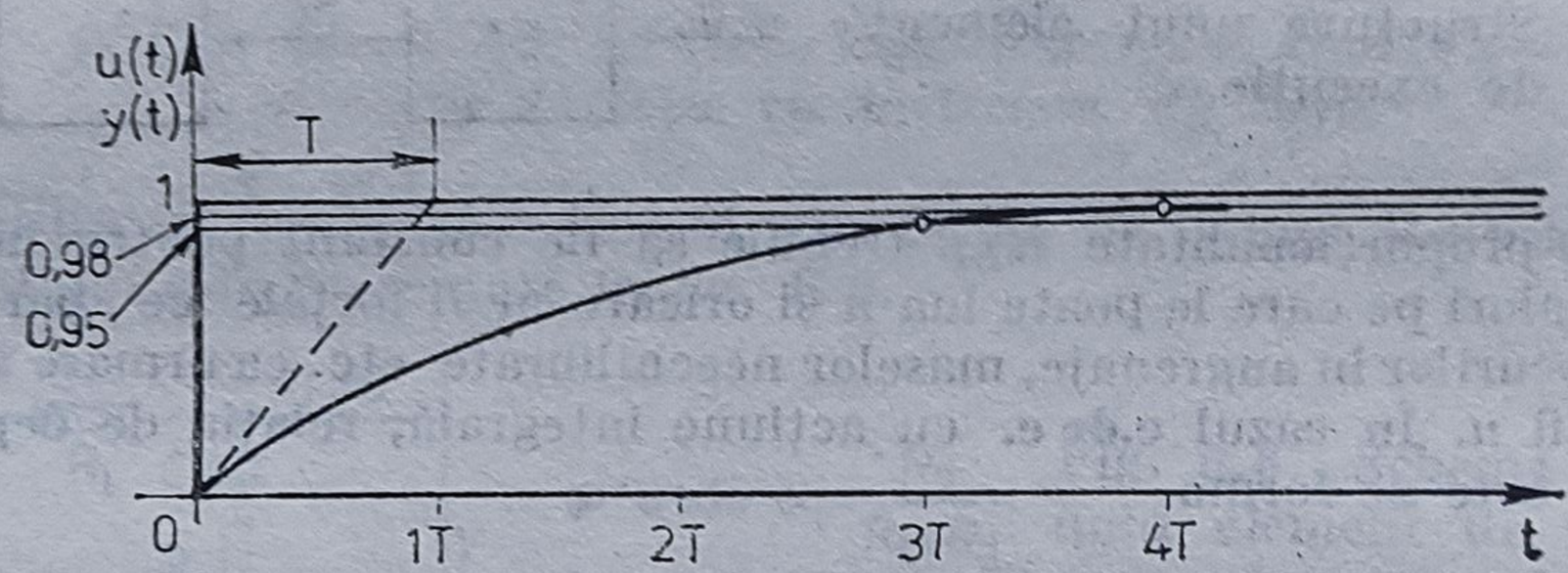


Fig. E.11. Răspunsul unui element de întîrziere de ordinul 1.

în funcţie de definirea cu 5% sau 2%. Referitor la comportarea în frecvenţă, în fig. E.12, *a* se prezintă hodograful, iar în fig. E.12, *b* → **caracteristicile logaritmice** ale elementului.

element de întîrziere de ordin 2, sistem dinamic elementar, avînd ordin dinamic 2, caracterizat prin doi poli complex conjugaţi, deci avînd funcţia de transfer:

$$H(s) = \frac{1}{T^2 s^2 + 2\zeta T s + 1}; \quad T > 0, \quad \zeta \in [0,1]$$

în care T este → **constanta de timp,** $s_{1,2} = \frac{1}{T}(-\zeta \pm j\sqrt{1-\zeta^2}) \in \mathbb{C}$ sînt polii

iar $\zeta \rightarrow$ **coeficientul de amortizare.** Uneori funcţia sa de transfer se scrie

$$H(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$$

în care $\omega_n = \frac{1}{T}$ este → **pulsaţia naturală** a elementului. Răspunsul indicial

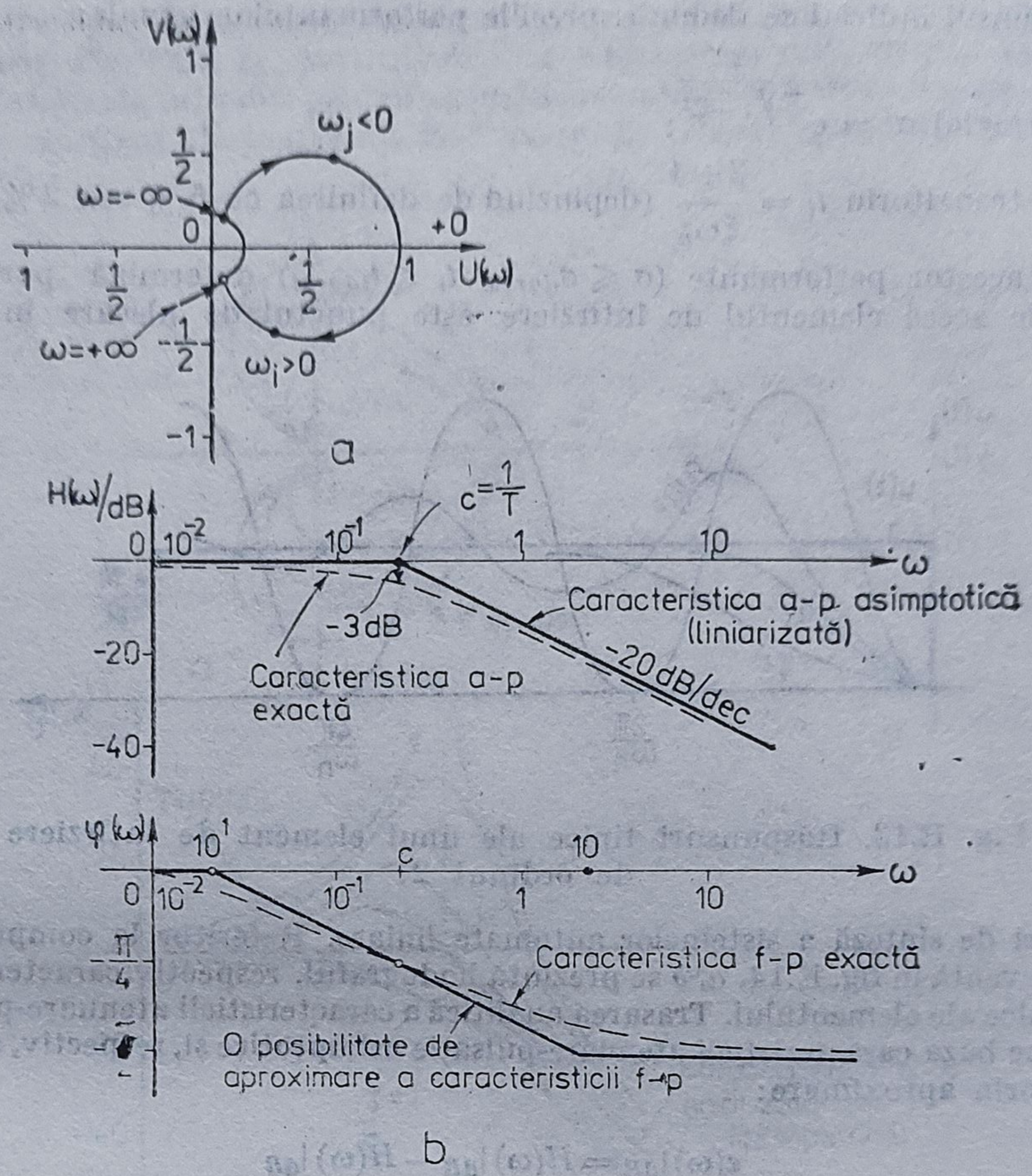


Fig. E.12. Reprezentări în frecvenţă ale comportării unui element de întîrziere de ordinul 1:

a — hodograf; *b* — caracteristici logaritmice.

al elementului este, în funcţie de parametrul ζ:

a) $0 < \zeta < 1$: $y(t) = 1 - \dfrac{e^{-\zeta\omega_n t}}{\sqrt{1-\zeta^2}} \sin\left(\omega_n \sqrt{1-\zeta^2}\, t + \operatorname{arctg} \dfrac{\sqrt{1-\zeta^2}}{\zeta}\right), t \geqslant 0$

b) $\zeta = 0$: $y(t) = 1 - \cos \omega_n t, t \geqslant 0$;

c) $\zeta = 1$: $y(t) = 1 - (1 + \omega_n t)\, e^{-\omega_n t}, t \geqslant 0$;

eventual scris şi pentru cazul $\zeta > 1$ (cînd de fapt acest sistem se descompune în două → **elemente de întîrziere de ordin 1**);

d) $\zeta > 1$: $y(t) = 1 - \dfrac{e^{-\zeta\omega_n t}}{\sqrt{\zeta^2-1}} \operatorname{sh}\left(\omega_n \sqrt{\zeta^2-1} + \operatorname{arcth} \dfrac{\sqrt{\zeta^2-1}}{\zeta}\right), t \geqslant 0$

Răspunsurile tipice pentru cazurile prezentate sînt cele din fig. E.13.

Din răspunsul indicial se deduc expresiile performanţelor uzuale:

— suprareglaj $\sigma = e^{-\frac{\pi\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}}}$;

— timp tranzitoriu $t_t = \frac{3 \div 4}{\xi\omega_n}$ (depinzînd de definirea cu 5% sau 2%) şi impunerea acestor performanţe ($\sigma \leqslant \sigma_{dorit}$, $t_t \leqslant t_{tdorit}$) determină parametrii ζ, ω_n; de aceea elementul de întîrziere este punctul de plecare în multe

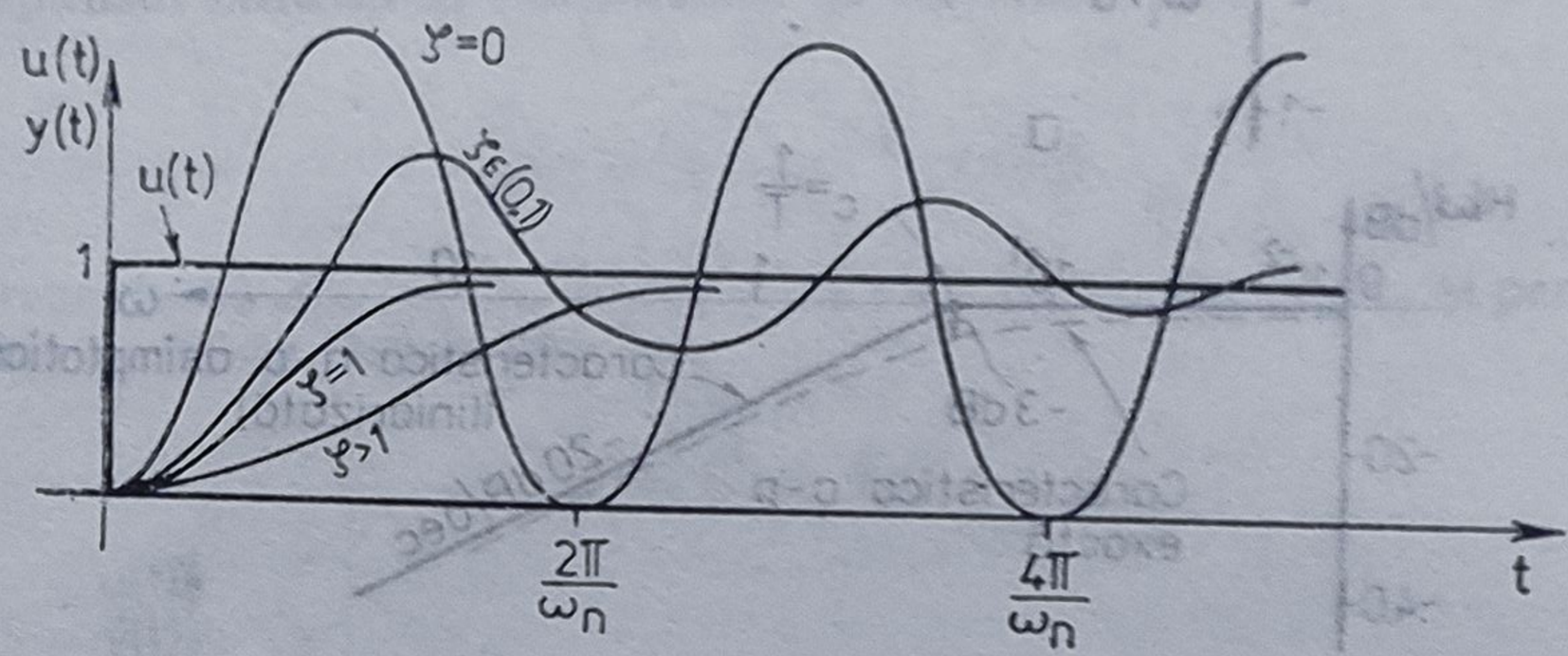


Fig. E.13. Răspunsuri tipice ale unui element de întîrziere de ordinul 2.

proceduri de sinteză a sistemelor automate liniare. Referitor la comportarea sa în frecvenţă în fig. E.14, *a*, *b* se prezintă hodograful, respectiv caracteristicile logaritmice ale elementului. Trasarea analitică a caracteristicii atenuare-pulsaţie se face pe baza caracteristicii atenuare-pulsaţie asimptotice şi, respectiv, a erorii făcute prin aproximare:

$$\varepsilon(\omega)|_{dB} = H(\omega)|_{dB} - \tilde{H}(\omega)|_{dB}$$

în care $\tilde{H}(\omega)|_{dB}$ — caracteristica amplitudine-pulsaţie asimptotică care în $\omega = \omega_c = \frac{1}{T}$ este

$$\varepsilon(\omega)|_{dB} = -20 \lg 2\zeta$$

avînd valorile tipice

$$\varepsilon(\omega_c)_{dB} = \begin{cases} +\infty & \zeta = 0 \\ > 0 & 0 < \zeta < 0{,}5 \\ 0 & \zeta = 0{,}5 \\ -3 & \zeta = \sqrt{2}/2 \\ -6 & \zeta = 1 \end{cases}$$

element de întîrziere pură (element cu timp mort), sistem elementar ideal pentru care

$$y(t) = u(t - \tau), \quad \tau > 0$$

deci avînd funcţia de transfer

$$H(s) = e^{-\tau s}$$

unde $\tau \rightarrow$ **constanta de timp. E.de i.p.** apare în reprezentarea sistemică a proceselor cu transport de material sau de energie, adică în general, în → **sistemele cu parametri distribuiţi** la particularizarea coordonatei geometrice. În multe cazuri, **e. de i.p.** este introdus pentru aproximarea sistemelor dinamice cu → **ordin dinamic** mare. Cum elementul nu face parte din clasa funcţiilor de transfer

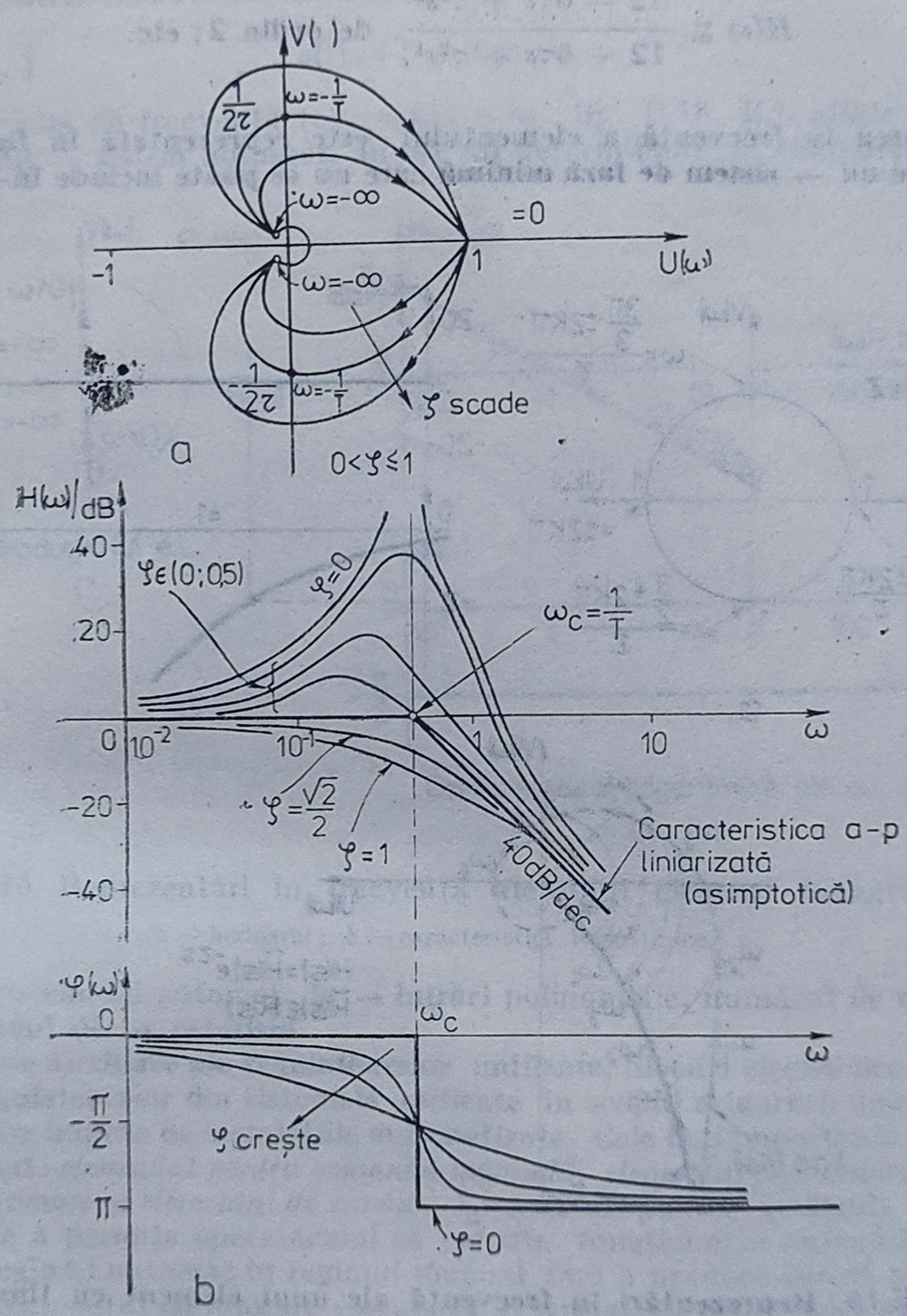


Fig. E.14. Reprezentări în frecvenţă ale comportării unui element de întîrziere de ordinul 2:

a — hodograf; *b* — caracteristici logaritmice

raţionale, în multe cazuri se preferă aproximarea acestuia sub forma unei funcţii raţionale; o aproximare puţin precisă este

$$H(s) = e^{-\tau s} = \frac{1}{e^{\tau s}} \cong \frac{1}{1 + \tau s};$$

Aproximări mult mai precise sînt reprezentate de aproximările *Padé*:

$$H(s) \cong \frac{2 - \tau s}{2 + \tau s}, \text{ de ordin } 1$$

$$H(s) \cong \frac{12 - 6\tau s + \tau^2 s^2}{12 + 6\tau s + \tau^2 s^2}, \text{ de ordin } 2; \text{ etc.}$$

Comportarea în frecvență a elementului este reprezentată în fig. E.15. E. de f.p. este un → **sistem de fază minimă** care nu se poate include în → **teoremele Bode.**

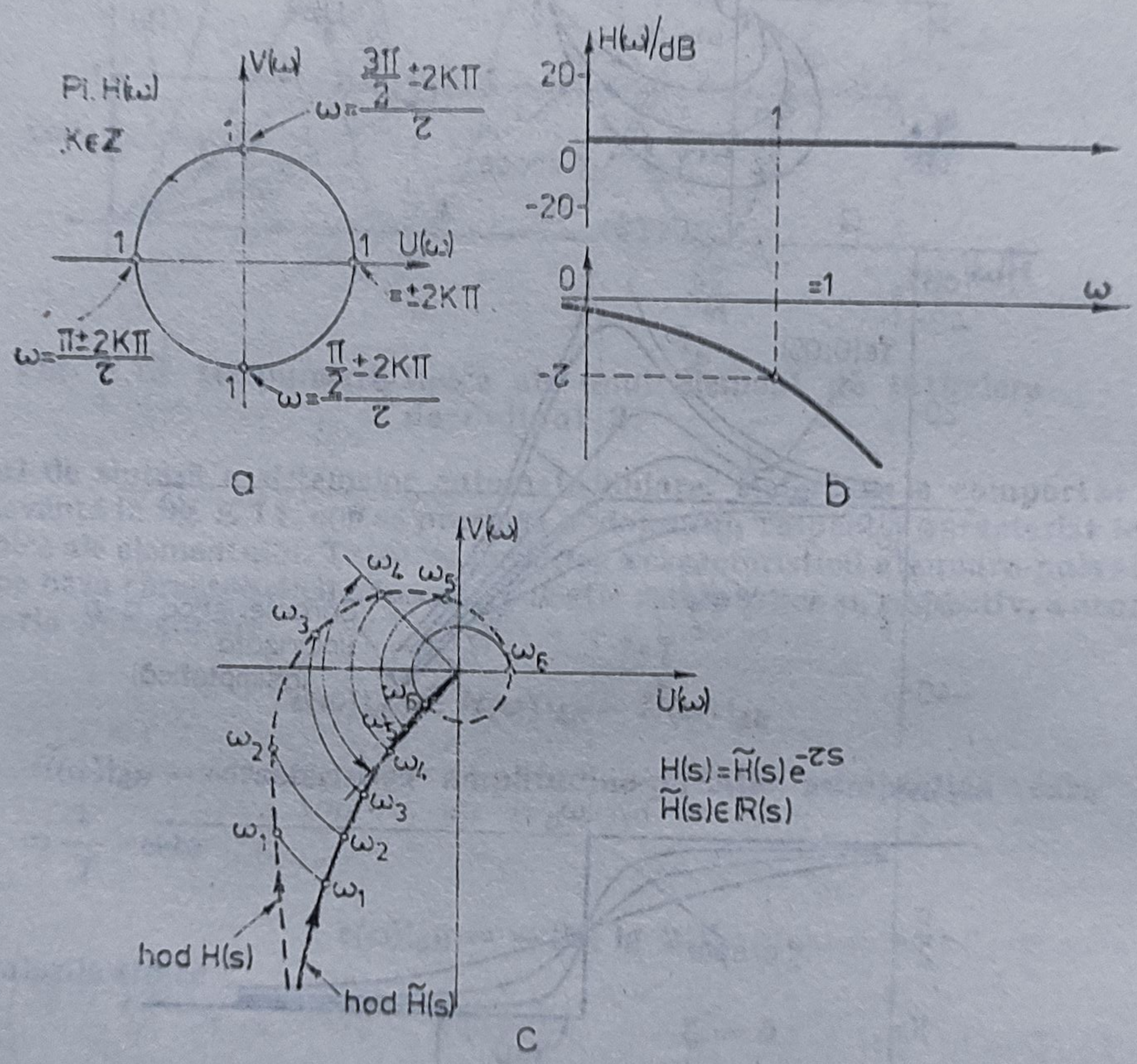


Fig. E.15. Reprezentări în frecvență ale unui element cu timp mort:
a — hodograf; *b* — caracteristici logaritmice; *c* — efectul elementului de întîrziere pus asupra hodografului unei funcții

element integrator, sistem elementar avînd funcționalitatea intrare-ieșire

$$y(t) = \int_0^t u(\tau)\,d\tau$$

deci descris de funcția de transfer

$$H(s) = \frac{1}{s}$$

E.i. este un sistem fizic realizabil care are → **răspunsul indicial**

$$y(t) = t, \quad t \geqslant 0$$

și caracteristicile de frecvență reprezentate în fig. E.16. **E.i.** aflate pe calea directă a unui → **sistem automat,** au un rol determinant în comportarea sta-

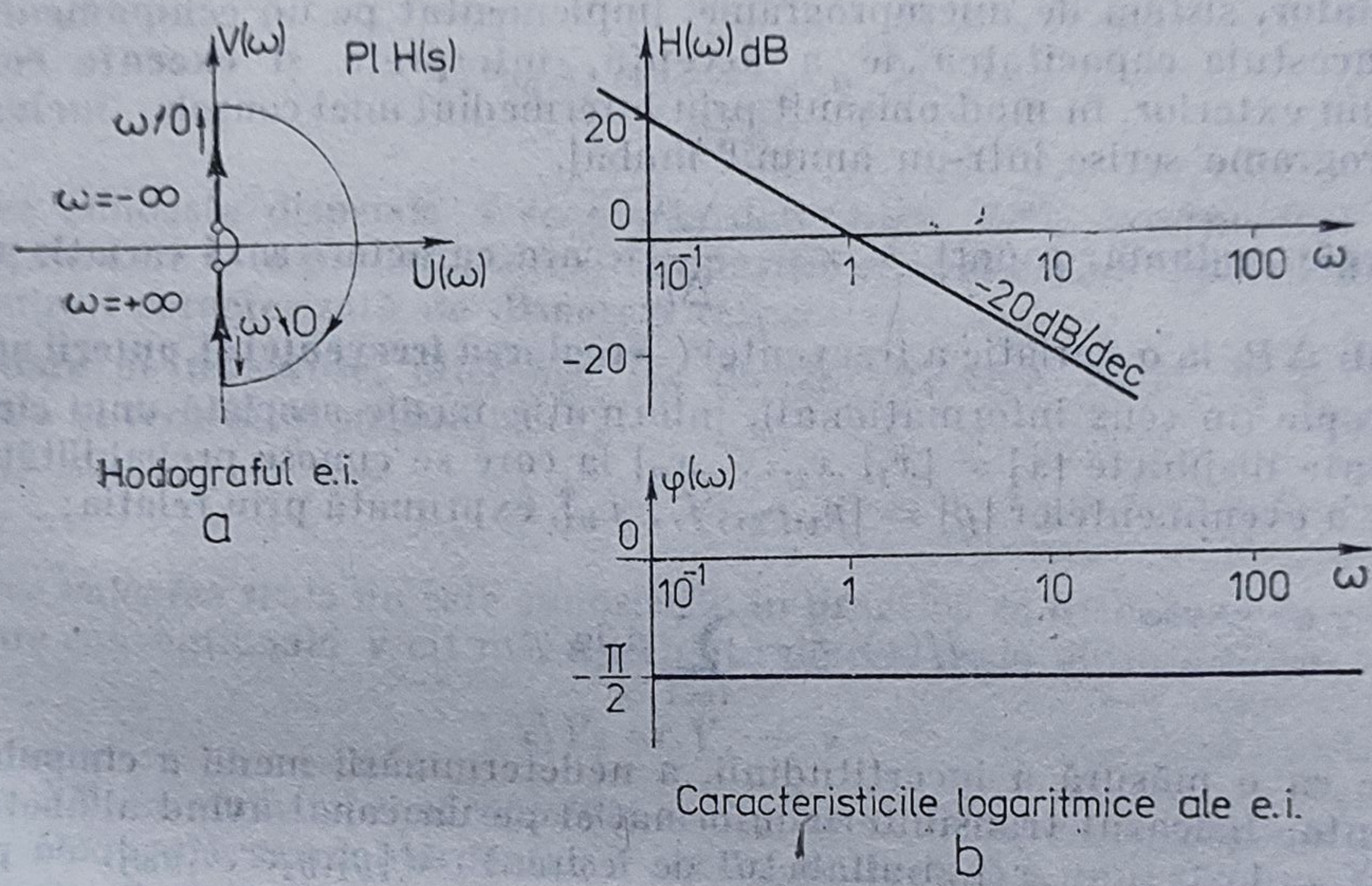


Fig. E.16. Reprezentări în frecvență ale unui element integrator:
a — hodograf; *b* — caracteristici logaritmice.

bilizată a sistemului automat la → **intrări** polinomiale, numărul de **e.i.** determinînd gradul de → **astatism.**

elemente auxiliare ale regulatoarelor unificate, blocuri electronice care sînt asociate regulatoarelor din sistemele unificate în scopul asigurării unor condiții de exploatare impuse de instalațiile automatizate. Cele mai importante elemente auxiliare sînt: *elementul pentru comanda manuală, elementul de limitare, elementul de programare* și *elementul de raport.* Elementul pentru comanda manuală are rolul de a permite operatorului să comute funcționarea sistemului de reglare din regimul automat în regimul manual fără a produce șocuri sau supra-solicitări. Elementul de limitare realizează restrîngerea domeniului de variație a semnalelor unificate, restrîngere care apare uneori necesară, de ex., pentru a obține deplasări mai reduse ale organului de execuție. Elementul de programare este un bloc electronic prin intermediul căruia se obține un semnal variabil în timp după un program prestabilit. Acest semnal se poate aplica la intrarea regulatorului (avînd comparator inclus), ca mărime de referință a sistemului de reglare automată, reprezentînd astfel programul de variație în timp a mărimii reglate. Elementul de raport se asociază regulatoarelor din sistemele unificate în vederea menținerii constante a raportului a două mărimi m_1 și m_2 (reprezentînd de ex., două debite de fluid prin două conducte) prin modificarea corespunzătoare a mărimii m_2 în funcție de variațiile mărimii m_1.

elemente de calcul unificate, blocuri electronice componente ale sistemelor de reglare unificate, destinate efectuării de operații aritmetice. **E. de c.u.** tipice sînt cele de adunare-scădere, înmulțire-împărțire și extragere de radical. Elementul de adunare-scădere poate opera cu două, trei sau patru semnale unificate, realizînd însumarea lor cu semne și ponderi prestabilite, astfel încît să rezulte la ieșire tot un semnal unificat. În mod similar elementul de înmulțire-împărțire efectuează operațiile respective asupra a două sau trei semnale unificate. Extractorul de radical este un element care permite calculul rădăcinii pătrate dintr-un semnal unificat. El este utilizat, în principal, împreună cu traductoare de presiune diferențială pentru măsurarea debitelor de fluid cu → **diafragme,** ajutaje sau tuburi Venturi.

emulator, sistem de microprograme, implementat pe un echipament, care conferă acestuia capacitatea de a accepta, interpreta și executa comenzi primite din exterior, în mod obișnuit prin intermediul unei console, inclusiv de a rula programe scrise într-un anumit limbaj.

energie reglantă, raport $\lambda = -\dfrac{\Delta P_s}{\Delta f}$ care caracterizează variația puterii de schimb ΔP_s la o variație a frecvenței (→**reglarea frecvenței și puterii active**).

entropie (în sens informațional), informație medie asociată unui cîmp de evenimente disjuncte $[x] = [x_1, x_2, \ldots, x_n]$ la care se cunosc probabilitățile de realizare a evenimentelor $[p] = [p_1, p_2, \ldots, p_n]$, exprimată prin relația:

$$H(x) = -\sum_{i=1}^{n} p_i \lg p_i$$

E. apare ca o măsură a incertitudinii, a nedeterminării medii a cîmpului de evenimente. În cazul transmiterii informației pe un canal avînd alfabetul de intrare $X = [x_1, x_2, \ldots, x_n]$ și alfabetul de ieșire $Y = [y_1, y_2, \ldots, y_m]$, cu probabilitățile de realizare asociate $P_x = [p(x_1), p(x_2), \ldots, p(x_n)]$ și, respectiv $P_y = [p(y_1), p(y_2), \ldots, p(y_m)]$ se pot defini trei cîmpuri de evenimente: la intrarea în canal, cu **e.** $H(X)$, la ieșirea din canal, avînd **e.** $H(Y)$ și cîmpul reunit intrare-ieșire, cu **e.** $H(X, Y)$ determinată de relația

$$H(X, Y) = -\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} p(x_i, y_j) \lg p(x_i, y_j),$$

unde $p(x_i, y_j)$ este probabilitatea de realizare atît a evenimentului x_i cît și a evenimentului y_j. Dacă există o condiționare între probabilitățile de realizare a evenimentelor x_i, y_j, **e.** se numește *condiționată*.

ergodicitate, ipoteză prin care distribuția de probabilitate a stării unui proces aleator staționar poate fi considerată ca punct al spațiului de stare pentru un moment de timp fixat, transferul către alt punct din spațiul de stare, corespunzător unui moment de timp următor fiind determinat numai de ecuațiile de dinamică ale sistemului. În ipoteza de **e.,** media temporală a unei variabile aleatoare este egală cu media statistică a acesteia, rezultînd simplificări importante în studiul sistemelor dinamice perturbate aleator.

eroare aleatoare, componentă a erorii de măsurare care are un caracter întîmplător, în sensul că la repetarea măsurării aceleiași mărimi, în condiții identice, diferă atît ca valoare cît și ca semn. **E.a.** poate fi evaluată numai în sens probabilistic, prin aplicarea metodelor statistice asupra unui șir de n rezultate obținute prin măsurări repetate asupra aceleiași mărimi. Principalul indicator

pentru **e.a.** este dispersia σ care poate fi estimată cu relația

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \frac{(V_i - m_v)^2}{n-1}}$$

în care m_v este media aritmetică a rezultatelor. Pentru n suficient de mare ($n \geqslant 20$) se obține o estimație $\hat{\sigma}$ care aproximează suficient de bine → **dispersia** reală. **E.a.** admit, de regulă, o lege de repartiție de probabilitate normală (Gauss) pentru care funcția de densitate de probabilitate este

$$p(\Delta) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\Delta^2}{2\sigma^2}}$$

Dacă se cunoaște dispersia σ se poate determina prin intermediul relației precedente care este probabilitatea de apariție a unei **e.a.** Δ pentru categoria de măsurări caracterizată de dispersia respectivă.

eroare de măsurare, diferența Δx dintre valoarea reală X a mărimii măsurate și rezultatul măsurării V_i

$$\Delta X_i = V_i - X$$

Deoarece valoarea reală nu este cunoscută, în practică se utilizează ca referință o valoare convențională V cît mai apropiată de cea reală obținîndu-se

$$\Delta V_i = V_i - V$$

Erorile ΔX_i se numesc *erori absolute reale,* iar ΔV_i — *erori absolute convenționale.* De regulă, se adoptă pentru V media aritmetică a unui șir de măsurări, $m_v = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} V_i$. **E.de m.** este utilizată pentru a exprima precizia măsurărilor (→ **clasă de precizie**). În acest scop se folosesc erorile relative de măsurare obținute prin raportarea erorilor absolute la valorile măsurate:

a) *eroarea relativă reală*

$$\Delta X_{ri} = \frac{\Delta X_i}{X}$$

b) *eroarea relativă convențională*

$$\Delta V_{ri} = \frac{\Delta V_i}{V}$$

Erorile absolute au caracter dimensional și se dau în aceleași unități cu mărimile măsurate. Cele relative sînt numere fără dimensiuni și adesea se dau în procente.

eroare de neliniaritate, diferența maximă între valorile obținute la ieșirea unui element (sistem) a cărui caracteristică statică reală este neliniară, în raport cu cele corespunzătoare unei caracteristici ideale, liniară pentru un domeniu dat de variație a mărimii de intrare. **E.de n.** este ilustrată în fig. E.17.

E.de n. se exprimă adesea sub formă relativă, în procente, prin raportare la domeniul de variație a mărimii de ieșire

$$\varepsilon_{rn} = \frac{\varepsilon_n}{Y_{max} - Y_{min}} \times 100\ [\%]$$

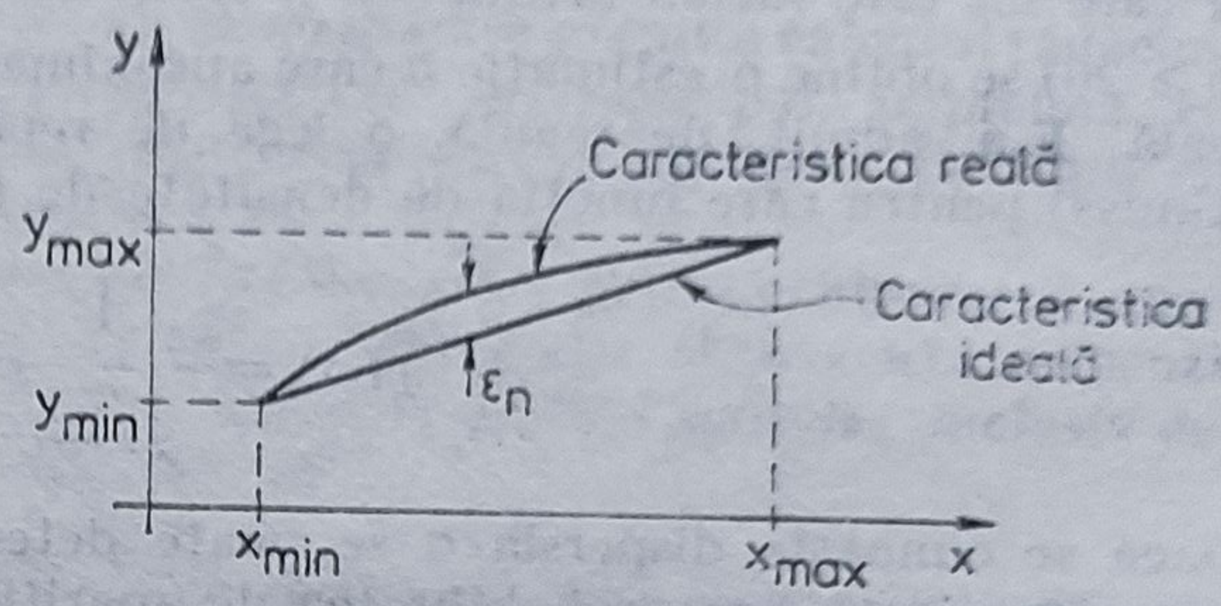


Fig. E.17. Aprecierea grafică a erorii de neliniaritate.

E.de n. se specifică pentru diversele componente ale echipamentelor de automatizare, de obicei pentru traductoare, amplificatoare etc.

eroare grosieră, valoare inadmisibilă a erorii de măsurare obținută ca urmare a unor greșeli de metodă, defecte ale aparatelor sau interpretării necorespunzătoare a rezultatelor. **E.g.** pot fi observate prin aceea că determină rezultate mult diferite de cele care apar la efectuarea corectă a măsurării. Aceste rezultate trebuie eliminate și măsurările respective se refac după eliminarea cauzelor **e.g.** În cazul măsurărilor de precizie se efectuează teste speciale pentru depistarea **e.g.**

eroare sistematică, componentă a erorii de măsurare caracterizată prin aceea că, la repetarea operației de măsurare folosind aceleași metode și aparate și în aceleași condiții experimentale, apare cu aceeași valoare și același semn. **E.s.** pot fi de metodă, de aparat sau datorate influenței factorilor perturbatori externi. Evaluarea **e.s.** se face prin calcul sau experimental, în raport cu particularitățile procesului de măsurare. Ca urmare, **e.s.** pot fi corectate sau reduse a valori admisibile prin adoptarea corespunzătare a procedeelor de măsurare.

eroare tolerată (admisibilă), valoare a erorii de măsurare specificată pentru un aparat de măsurat sau traductor care, în condiții corespunzătare de utilizare, nu poate fi depășită. **E. t.** poate fi exprimată sub formă absolută sau relativă și valoarea sa definește precizia măsurării (→ **clasă de precizie**).

eroarea sistemelor automate, mărimea $\varepsilon(t) = y_{ref}(t) - y(t)$ în care $y_{ref}(t)$ este mărimea de referință a sistemului automat, iar $y(t)$ mărimea măsurată. **E.s.a.** permite aprecierea cantitativă a performanțelor sistemului automat.

Printr-o prelucrare adecvată **e.s.a.** se constituie în mărimea de comandă a părții fixate (→ **sistem automat**). Dispozitivul ce implementează comparația aditivă poartă numele de comparator diferențial, fiind specific structurii de sistem automat. Mărimea

$$\varepsilon_{st} = \lim_{t \to \infty} \varepsilon(t)$$

se numește *eroare staționară*, iar $\varepsilon(t) : t \in [0, \infty)$ poartă numele de *eroare instantanee* În sistemele automate eroarea este dependentă de structura sistemului, de tipul semnalelor externe (referință, perturbații), de limitările de putere și amplitudine ale elementelor de execuție, de eroarea traductoarelor și elementelor de execuție. Pentru mărimi externe de tip standard eroarea staționară este

E.de n. se exprimă adesea sub formă relativă, în procente, prin raportare la domeniul de variaţie a mărimii de ieşire

$$\varepsilon_{rn} = \frac{\varepsilon_n}{Y_{max} - Y_{min}} \times 100\ [\%]$$

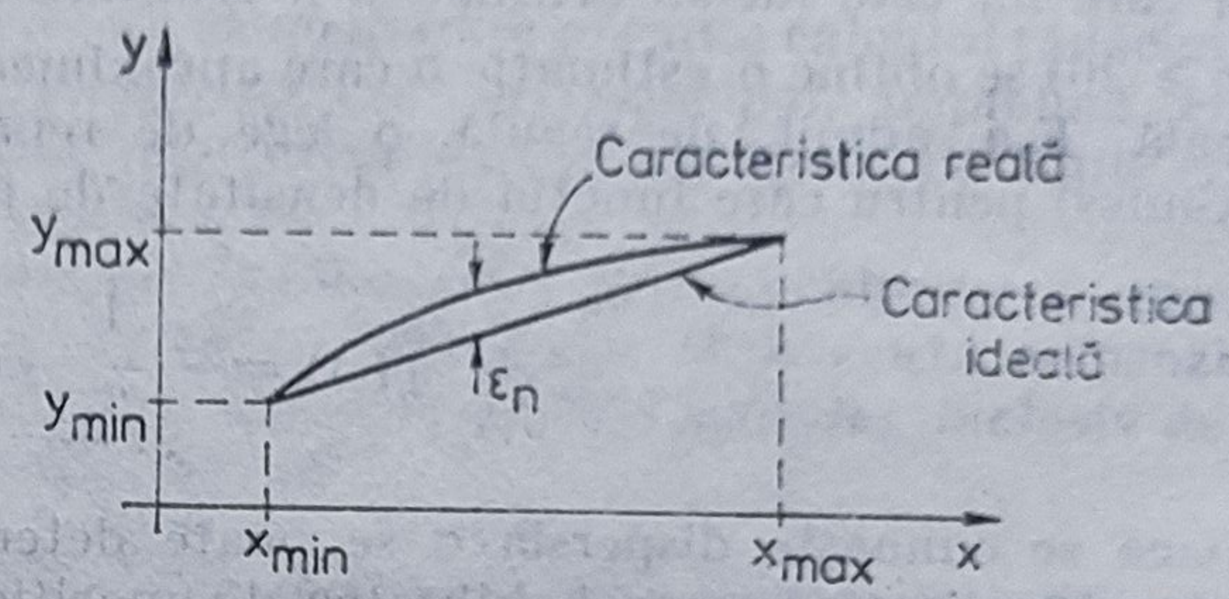


Fig. E.17. Aprecierea grafică a erorii de neliniaritate.

E.de n. se specifică pentru diversele componente ale echipamentelor de automatizare, de obicei pentru traductoare, amplificatoare etc.

eroare grosieră, valoare inadmisibilă a erorii de măsurare obţinută ca urmare a unor greşeli de metodă, defecte ale aparatelor sau interpretării necorespunzătoare a rezultatelor. **E.g.** pot fi observate prin aceea că determină rezultate mult diferite de cele care apar la efectuarea corectă a măsurării. Aceste rezultate trebuie eliminate şi măsurările respective se refac după eliminarea cauzelor **e.g.** În cazul măsurărilor de precizie se efectuează teste speciale pentru depistarea **e.g.**

eroare sistematică, componentă a erorii de măsurare caracterizată prin aceea că, la repetarea operaţiei de măsurare folosind aceleaşi metode şi aparate şi în aceleaşi condiţii experimentale, apare cu aceeaşi valoare şi acelaşi semn. **E.s.** pot fi de metodă, de aparat sau datorate influenţei factorilor perturbatori externi. Evaluarea **e.s.** se face prin calcul sau experimental, în raport cu particularităţile procesului de măsurare. Ca urmare, **e.s.** pot fi corectate sau reduse a valori admisibile prin adoptarea corespunzătare a procedeelor de măsurare.

eroare tolerată (admisibilă), valoare a erorii de măsurare specificată pentru un aparat de măsurat sau traductor care, în condiţii corespunzătare de utilizare, nu poate fi depăşită. **E. t.** poate fi exprimată sub formă absolută sau relativă şi valoarea sa defineşte precizia măsurării (→ **clasă de precizie).**

eroarea sistemelor automate, mărimea $\varepsilon(t) = y_{ref}(t) - y(t)$ în care $y_{ref}(t)$ este mărimea de referinţă a sistemului automat, iar $y(t)$ mărimea măsurată. **E.s.a.** permite aprecierea cantitativă a performanţelor sistemului automat.

Printr-o prelucrare adecvată **e.s.a.** se constituie în mărimea de comandă a părţii fixate (→ **sistem automat).** Dispozitivul ce implementează comparaţia aditivă poartă numele de comparator diferenţial, fiind specific structurii de sistem automat. Mărimea

$$\varepsilon_{st} = \lim_{t \to \infty} \varepsilon(t)$$

se numeşte *eroare staţionară*, iar $\varepsilon(t); t \in [0,\infty)$ poartă numele de *eroare instantanee* În sistemele automate eroarea este dependentă de structura sistemului, de tipul semnalelor externe (referinţă, perturbaţii), de limitările de putere şi amplitudine ale elementelor de execuţie, de eroarea traductoarelor şi elementelor de execuţie. Pentru mărimi externe de tip standard eroarea staţionară este

dependentă de gradul de statism al sistemului automat. O caracterizare globală a funcționării unui sistem poate fi făcută pe baza funcționalei

$$\overline{\varepsilon^2} = \frac{1}{T}\int_0^T \varepsilon^2(t)\,dt$$

numită *eroare medie pătratică*.

estimator, al sistemului liniar și invariant (A,B,C), sistemul

$$\dot{z}(t) = Jz(t) + Ky(t) + Hu(t)$$

$$w(t) = Mz(t)$$

sau

$$\dot{z}(t) = Jz(t) + Ky(t) + Hu(t)$$

$$w(t) = Mz(t) + Ny(t)$$

se numește un **e.** asimptotic (mai precis un F—**e.** asimptotic) strict propriu, respectiv propriu, dacă

$$\lim_{t\to\infty} (w(t) - Fx(t)) = 0$$

Dacă J este o matrice $l \times l$ (deci $z \in \mathbb{R}^l$) atunci l se numește ordinul **e.**, iar dacă matricea J este stabilă ($\sigma(J) \subset \mathbb{C}^-$) atunci **e.** primește și atributul de stabil. **E.** reprezintă singura soluție practică de implementare a unei legi de comandă prin reacție după stare în cazul în care starea $x(t)$ este nemăsurabilă. Construcția unui F—**e.** propriu (strict propriu) este posibilă dacă și numai dacă există matricile J, K, H, M, N, T, astfel încît să fie îndeplinite ecuațiile Luenberger

$$JT - TA + KC = 0$$

$$MT + NC - F = 0 \qquad (MT - F = 0)$$

$$L - TB = 0$$

Dacă aceste ecuații se îndeplinesc cu J stabilă (alocabilă) atunci **e.** este asimptotic (alocat).

estimator de funcțională, un estimator se zice de funcțională dacă F este $(1 \times n)$ — matrice, adică $F = f^T$.

estimator de lege de reacție, reprezintă cazul particular de → **estimator** cu F o $(m \times n)$ — matrice, adică ieșirea sa tinde asimptotic către legea de reacție $Fx(t)$ a unei → **legi de comandă**

$$u(t) = Fx(t) + Gv(t)$$

estimator de stare, → **estimator** pentru care $F = I_n$, adică

$$\lim_{t\to\infty} [w(t) - x(t)] = 0$$

și deci, ieșirea estimatorului tinde asimptotic spre întregul vector de stare $x(t)$ al sistemului (A, B, C).

estimator minimal, → **estimator** la care l este minim posibil. Un estimator propriu, minimal, utilizat în mod curent este cel avînd dimensiunea $l = n - p$,

unde $p = \text{rang } C$, și care se mai numește *estimator Luenberger*. Un estimator Luenberger de stare este cel avînd

$$J = \overline{A}_{11} + L\overline{A}_{21}$$

$$K = -JL + L\overline{A}_{22} + \overline{A}_{12}$$

$$H = L\overline{B}_2 + \overline{B}_1$$

$$M = S^{-1}\begin{bmatrix} I_{n-p} \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$N = S^{-1}\begin{bmatrix} -L \\ I_p \end{bmatrix}$$

unde

$S = \begin{bmatrix} \tilde{C} \\ \hdashline C_{\cdot} \end{bmatrix}^{n-p}_{p}$ este o transformare nesingulară ce introduce partițiile

$$\overline{A} = SAS^{-1} = \begin{bmatrix} \overline{A}_{11} & \overline{A}_{12} \\ \hdashline \overline{A}_{21} & \overline{A}_{22} \end{bmatrix}^{\substack{r-p \\ p}}_{\substack{n-p \\ p}}$$

$$\overline{B} = SB = \begin{bmatrix} \overline{B}_1 \\ \hdashline \overline{B}_2 \end{bmatrix}^{n-p}_{p}$$

Matricea L se determină din condiția ca J să fie stabilă (alocată). Estimatorul Luenberger poate fi alocat (adică $\sigma(J) = \Lambda_E$ cu Λ_E o mulțime simetrică de $n - p$ numere complexe) dacă și numai dacă (C, A) este observabilă, ceea ce implică și $(\overline{A}_{21}, \overline{A}_{11})$ observabilă. Utilizarea unui **e.m.** conduce la reducerea dimensională a regulatorului liniar necesar pentru conducerea unui proces.

estimator unitar, → **estimator** la care $l = n$, adică dimensiunea sa este egală cu a sistemului. Estimatorul de stare strict propriu, unitar, este descris de

$$\dot{z}(t) = Az(t) + L[Cz(t) - y(t)] + Bx(t)$$

$$w(t) = z(t)$$

și el este alocabil (asimptotic) dacă

$$\sigma(A + LC) = \sigma(J) = \Lambda_E$$

cu Λ_E o mulțime simetrică de n numere complexe. Implementarea unui **e.u.** alocabil este posibilă dacă și numai dacă perechea (C, A) este observabilă. Dacă perechea (C, A) este numai detectabilă atunci se poate construi un **e.u.** asimptotic la care alocarea se face numai la nivelul subspațiului de → **observabilitate. E. u.** se mai numește și *estimator Kalman*.

eșalon redus (*pe linii (coloane)*), al unei → **matrici polinomiale** $P(s)$ de tip $(p \times m)$ este o formă particulară de scriere $E(s)$ → **unimodular echivalentă** cu $P(s)$. $E(s)$ este sub formă de **e.r.** pe linii (Hermite normală pe linii) dacă

$e_{ij}(s)$ fiind primul element (de la stînga la dreapta) nenul din linia i, atunci pentru $k = i + 1, i + 2, \ldots, p$, $e_{kj}(s) = 0$, iar pentru $k = 1,2,\ldots, i-1$, $\partial[e_{kj}(s)] < \partial[e_{ij}(s)]$, dacă $\partial[e_{ij}(s)] \geqslant 1$ și $e_{kj}(s) = 0$ dacă $e_{ij}(s) = \text{ct}$; în unele cazuri se pretinde în plus ca $e_{ij}(s)$ să fie monic. O $p \times m$ matrice $E(s)$ este în forma de **e.r.** pe coloane (Hermite normală pe coloane) dacă $E^T(s)$ este în forma de **e.r.** pe linii. Orice $(p \times m)$ matrice $P(s)$ este unimodular echivalentă la stînga (dreapta) cu o matrice în forma de **e.r.** pe linii (coloane). Construcția formei de **e.r.** se face cu → **algoritmul** de **e.r.** Forma de **e.r.** la matrici polinomiale permite calculul → **zerourilor** *unei matrici*. În cazul matricilor numerice, forma de **e.r.** se particularizează imediat din considerațiile anterioare și permite calculul domeniului, subspațiului ortogonal și nucleului transformării reprezentate prin matricea respectivă.

etalon, realizarea fizică a unei unități de măsură, a unui multiplu sau submultiplu a acesteia. Se disting următoarele trei categorii de **e.**: de definiție, de conservare și de transfer. **E.** *de definiție* sînt acelea care asigură generarea principalelor unități de măsură în conformitate cu definițiile lor, pe care le realizează experimental. **E.** *de conservare* servesc pentru menținerea (conservarea) unităților de măsură în laboratoarele metrologice. Ele sînt caracterizate printr-o mare stabilitate în timp și față de influențele exterioare, precum și prin proprietatea de reproductibilitate. **E.** *de transfer* sînt cele utilizate pentru etalonarea tuturor tipurilor de aparate de măsurat și traductoare în intervale largi de variație a mărimilor de măsurat. **E.** de transfer pot fi aparate de măsurat de tipuri și execuții speciale, de mare precizie.

euristic, caracter atribuit unor algoritmi a căror elaborare nu se bazează pe principii de riguroasă justificare teoretică, ci pe experiența, intuiția sau inspirația proiectantului. Spre deosebire de alte alternative, algoritmii **e.** conduc adesea la reduceri spectaculoase a timpului de execuție a unei operații date (de ex., obținerea optimului prin metode de căutare), chiar dacă nu este posibil a demonstra teoretic că nu există o altă metodă mai potrivită pentru cazul respectiv.

evenimentul punerii în funcțiune a unui automat, eveniment prin care se inițiază o evoluție care poate fi regăsită în stări. Dacă evenimentul are o configurație prestabilită, mereu aceeași, starea se numește *stare de pornire*. Dacă evenimentul punerii în funcțiune nu este specificat, sau dacă secvența de intrare care interesează se aplică atunci cînd automatul nu este în stare de pornire, starea corespunzătoare se numește *stare inițială*, iar starea în care se găsește automatul după aplicarea secvenței se numește *stare finală*. Fie X_u mulțimea stărilor inițiale ale unui automat. Dacă $1 < \text{Card } X_u < \text{Card } X$ automatul se numește strict slab inițial, iar dacă $1 \leqslant \text{Card } X_u < \text{Card } X$ automatul se numește slab inițial. Dacă Card $X_u = 1$ automatul este inițial și se folosește notația $A = [U, X, Y, \varphi, \eta, x_0]$, unde $x_0 = X_u$ este starea inițială. Dacă Card $X_u = X$, automatul se numește neinițial.

exosistem → generator de semnale externe

extrapolare a unei funcții, $f^* : \mathbb{Z} \to \mathbb{R}$, metodă aproximativă de construcție a funcției $f: \mathbb{R} \to \mathbb{R}$ astfel încît

$$f(t_{k+}) = f^*(t_{k+})$$

În fapt, aceasta este o problemă de predicție deoarece pe baza informațiilor discrete $f^*(t_i)$: $i = \overline{1, k}$ (din trecut) se aproximează valorile funcției

$f(t): t \in [t_k, t_{k+1})$ (în viitor). Metodele uzuale de extrapolare se bazează pe seria Taylor

$$f(t) = f(t_k) + f'(t_k)\frac{t - t_k}{1!} + f''(t_k)\frac{(t - t_k)^2}{2!} + \ldots; t > t_k$$

ordinul la care se trunchiază seria stabilind ordinul extrapolării și evident precizia ei. De menționat că derivatele se calculează pe baza datelor $f^*(t_k)$ astfel:

$$f'(t_k) = \frac{1}{t_k - t_{k-1}}[f^*(t_k) - f^*(t_{k-1})]$$

$$f''(t_k) = \frac{1}{(t_k - t_{k-1})^2}[f^*(t_k) - 2f^*(t_{k-1}) + f^*(t_{k-2})] \text{ etc.}$$

Cazul cel mai utilizat este cel al unei perioade de discretizare constante, adică $t_k - t_{k-1} = h$, $t_k = kh$, $\forall k$. Dispozitivul tehnic ce realizează operația de extrapolare se numește *extrapolator* (sau element de refacere). Creșterea ordinului de derivare în calculul lui $f(t)$ introduce complicații de calcul și întîrzieri mari în sistem; de aceea trunchierea seriei se face la cel mult derivata de ordin unu.

extrapolator de ordin 0, element de extrapolare prin trunchierea seriei Taylor la derivata de ordin zero, deci (pentru $h = \text{ct.}$) rezultă

$$f(t) = f^*(kh), \; t \in [kh, \; (k + 1)h]$$

corespunzînd deci unui sistem avînd funcția de transfer

$$H_{E_0}(s) = \frac{1 - e^{-hs}}{s}$$

Operația efectuată de un **e. de o. 0** este reprezentată în fig. E.18.

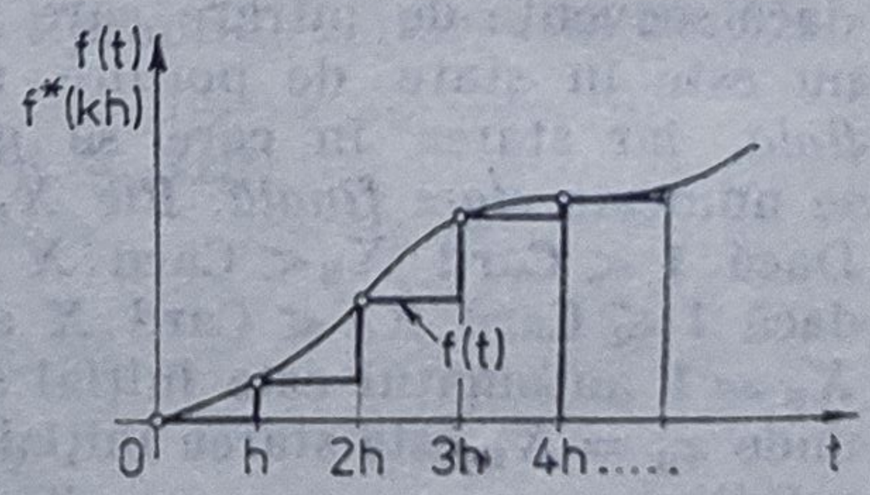


Fig. E.18. Caracteristica funcțională a unui extrapolator de ordin 0.

extrapolator de ordin 1, dispozitiv de extrapolare a unei funcții, care realizează trunchierea seriei Taylor la derivata de ordin unu, deci (pentru $h = \text{ct.}$)

$$f(t) = f(kh) + f'(kh)(t - kh) =$$

$$= f(kh) + \frac{f^*(kh) - f^*[(k - 1)h]}{h}(t - kh), \; t \in [kh, \; (k + 1/h)$$

Ca sistem, el corespunde unei funcții de transfer

$$H_{E_1}(S) = \frac{1 + hs}{h}\left(\frac{1 - e^{-sh}}{s}\right)^2$$

Operația efectuată de un **e. de o. 1.** este reprezentată în fig. E.19.

extrapolator exponențial, aproximare a extrapolatorului de ordin zero, în sensul că

$$e^{-hs} = \frac{1}{e^{hs}} \cong \frac{1}{1 + hs}$$

deci funcția de transfer a **e. e.** este

$$H_{EE}(s) = \frac{h}{1 + hs}$$

Operația efectuată de un **e. e.** este reprezentată în fig. E.20.

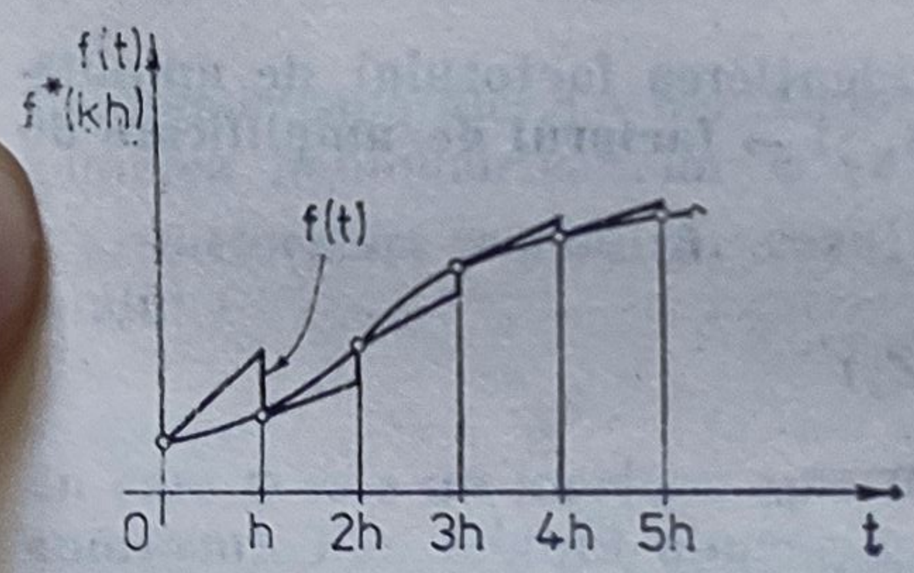


Fig. E.19. Caracteristica funcțională a unui extrapolator de ordin 1.

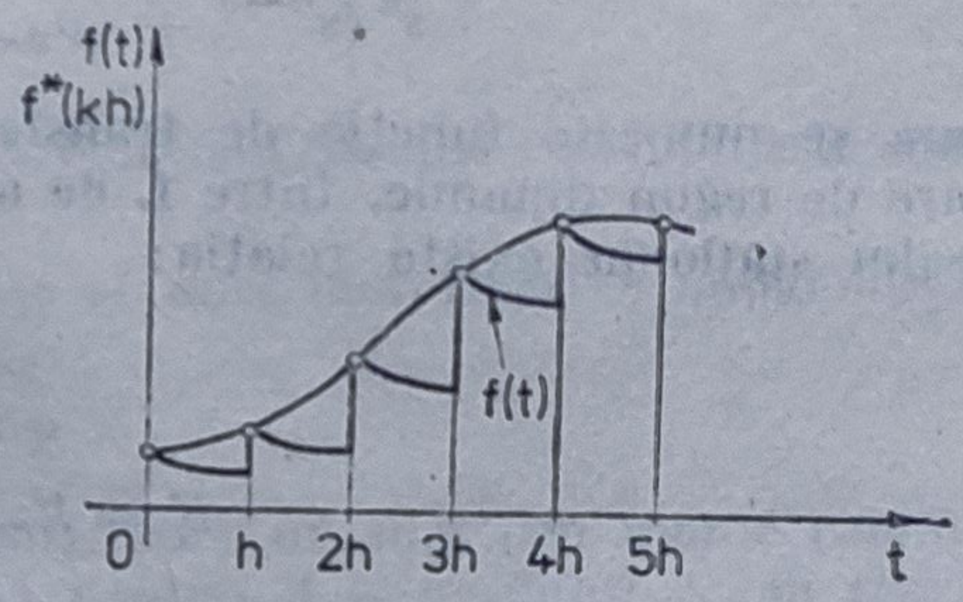


Fig. E.20. Caracteristica funcțională a unui extrapolator exponențial.

extrapolator fracționar, → **extrapolator de ordin unu** modificat, în sensul că derivata de ordinul întîi se ponderează cu un coeficient $c \in (0, 1)$; ca urmare **e. f.** funcționează după relația

$$f(t) = f(kh) + cf'(kh)(t - kh) =$$

$$= f(kh) + c\,\frac{f^*(kh) - f^*[(k-1)h]}{h}(t - kh),\ t \in [kh,\ (k+1)h]$$

E. f. îi corespunde funcția de transfer

$$H_{EC}(s) = (1 - ce^{-hs})H_{E_0}(s) + \frac{c}{1 + hs}\,H_{E_1}(s)$$

factor de amplificare de regim dinamic, coeficientul

$$k = \frac{b_m}{a_n}$$

dedus din

$$H(s) = k \frac{s^m + \tilde{b}_{m-1}s^{m-1} + \ldots + \tilde{b}_2 s^2 + \tilde{b}_1 s + \tilde{b}_0}{s^\alpha (s^{n-\alpha} + \tilde{a}_{n-1}s^{n-\alpha-1} + \ldots + \tilde{a}_{\alpha+2}s^2 + \tilde{a}_{\alpha+1}s + \tilde{a}_\alpha)}$$

care se numeşte funcţie de transfer cu evidenţierea factorului de amplificare de regim dinamic. Între **f. de a. de r. d.** şi → **factorul de amplificare de regim staţionar** există relaţia:

$$K = k \frac{\prod_{i=1}^{m} (-Z_i)}{\prod_{j=1}^{n} (-p_j)}$$

unde z_i reprezintă rezourile funcţiei de transfer, respectiv p_j sînt polii diferiţi de zero ai acesteia.

factor de amplificare de regim staţionar (stabilizat), pentru un sistem liniar şi invariant cu o intrare şi o ieşire, descris de funcţia de transfer

$$H(s) = \frac{b_m s^m + b_{m-1}s^{m-1} + \ldots + b_2 s^2 + b_1 s + b_0}{s^\alpha (a_n s^{n-\alpha} + a_{n-1}s^{n-\alpha-1} + \ldots + a_{\alpha+2}s^2 + a_{\alpha+1}s + a_\alpha)}$$

cu $\alpha \geqslant 0$ este coeficientul $k = \frac{b_0}{a_\alpha}$, iar:

$$H(s) = \frac{\bar{b}_m s^m + \bar{b}_{m-1}s^{m-1} + \ldots + \bar{b}_2 s^2 + \bar{b}_1 s + 1}{s^\alpha (\bar{a}_n s^{n-\alpha} + \bar{a}_{n-1}s^{n-\alpha-1} + \ldots + \bar{a}_{\alpha+2}s^2 + \bar{a}_{\alpha+1}s + 1)}$$

se numeşte forma de scriere a funcţiei de transfer $H(s)$ care evidenţiază **f. de a.de r.s.**

factori invarianţi, ai unei matrici polinomiale $P(s)$, polinoame monice $\delta_i(s)$ din → **forma diagonal canonică** *(Smith)*, care au $\partial[\delta_i(s)] \neq 0$. Toate matricile → **unimodular echivalente** au aceiaşi **f.i.**

factorizare a unei (p × m) — matrici raționale T(s), orice descompunere

$T(s) = R(s)P_c^{-1}(s)$ (factorizare la dreapta)

$T(s) = P_0^{-1}(s)Q(s)$ (factorizare la stînga)

unde $R(s)$, $Q(s)$ (reprezentînd numărătorul factorizării), $P_c(s)$, $P_0(s)$ (reprezentînd numitorul factorizării) sînt matrici polinomiale de dimensiuni corespunzătoare. Dacă $R(s)$, $(Q(s))$ și $P_c(s)$, $(P_0(s))$ sînt coprime (→ **divizor**) la dreapta (stînga) atunci factorizarea

$$T(s) = R(s)P_c^{-1}(s)\ (= P_0^{-1}(s)Q(s))$$

este o factorizare primă la dreapta (stînga). Factorizarea matricii raționale $T(s)$ permite determinarea unei → **realizări** *a sistemului liniar* și invariant reprezentat prin $T(s)$, precum și a → **realizării minimale** a acestuia.

factorizare a unui homomorfism, $f: U \to Y$, prin A-modulul X, reprezentarea $f = \eta \circ \varphi = \eta(\varphi(u))$, cu

$$\varphi: U \to X$$

$$\eta: X \to Y$$

homomorfisme ale A—modulelor U, X, Y. Homomorfismul f se numește compunerea homomorfismelor φ și η.

factorizare canonică, cazul particular al unei factorizări a homomorfismului f

$$f = \eta \circ \varphi$$

în care φ este un morfism epic (epimorfism), iar η un morfism monic (monomorfism). **F.c.** asigură dimensiune minimă pentru A — modulul X, în teoria sistemelor aceasta fiind problema determinării unei → **realizări minimale** (canonice) a sistemului.

Federația Internațională de Automatică (*IFAC — International Federation of Automatic Control*), organizație constituită în septembrie 1956 la Heidelberg, cu ocazia Conferinței internaționale de reglare automată ținută sub egida Organizației germane a inginerilor și avînd ca scopuri principale: întrajutorarea științifică în problemele ridicate de conducerea automată, schimb de informații, organizarea de congrese și conferințe internaționale. Fiecare țară — membră IFAC — poate fi reprezentată în cadrul Federației de un grup restrîns de specialiști naționali în domeniul conducerii automate. În cadrul IFAC sînt organizate mai multe comitete tehnico-științifice pe următoarele probleme: teoria conducerii automate; mijloace (aparatură) tehnice pentru automatică și telemecanică; automatizarea proceselor industriale; terminologie și simboluri; învățămînt; bibliografie; determinarea politicii de editare a Federației. În iulie—august 1960 a avut loc la Moscova primul Congres internațional IFAC pentru conducerea automată, cu o largă participare internațională. Comitetul IFAC pentru teoria conducerii automate a organizat în 1962 la Roma un Simpozion internațional de sisteme autoadaptive, iar în septembrie 1962 la Moscova — un Simpozion internațional de automate finite și scheme cu relee. Comitetul IFAC pentru bibliografie a început în 1961 să editeze în limbile engleză și franceză buletine informative asupra literaturii tehnice ce se referă la conducerea automată, iar comitetul de editare din cadrul IFAC a început să publice un periodic, în limba engleză, pe probleme de conducere automată. IFAC organizează congrese

internaționale la intervale de 3 ani, iar între congrese numeroase conferințe și simpozioane sub egida comitetelor tehnico-științifice. România — membru fondator al IFAC — participă activ la activitățile acestei federații.

fiabilitate, capacitatea unui sistem (element, dispozitiv, componentă) de a se încadra în indicatorii de performanță impuși în decursul unui anumit interval de timp, în condiții date. Cantitativ, **f.** unui sistem este reprezentată de probabilitatea ca acesta să-și îndeplinească funcțiile cu anumite performanțe și fără defecțiuni în decursul unui interval de timp t, respectînd regulile de exploatare specificate. Intervalul de timp T în care sistemul funcționează fără defecțiuni se numește *timp de bună funcționare* și dat fiind caracterul întîmplător al apariției defectelor, evaluarea sa se poate face numai în sens probabilistic. Funcția de **f.** $R(t)$ a unui sistem se exprimă prin relația

$$R(t) = \text{Prob}\ (T > t)$$

în afara funcției $R(t)$ se mai utilizează ca indicatori cantitativi ai **f.** următorii: frecvența de apariție a defectelor $f(t) = -\dfrac{dR(t)}{dt}$; media timpului de bună funcționare $MTBF = \int_0^\infty tf(t)\,dt$; intensitatea de apariție a defectelor $\lambda = \dfrac{f(t)}{R(t)}$.

Parametrii de **f.** cei mai utilizați sînt $MTBF$ și λ. Pentru λ = ct. rezultă o repartiție exponențială pentru factorii de **f.** din care se poate deduce o legătură directă între cei doi parametri: $MTBF = \dfrac{1}{\lambda}$. În evaluarea practică a **f.** se disting următoarele etape: a) **f.** *precalculată* sau *previzională*, obținută prin calcul în faza de concepție a sistemului pe baza datelor asupra componentelor, pieselor, materialelor utilizate și a modului în care acestea intervin în configurația sistemului; b) **f.** *tehnică* sau *nominală*, determinată în faza de producție prin încercări de laborator în anumite regimuri de funcționare normate; c) **f.** *operațională*, obținută în condiții reale de exploatare sub acțiunea complexă a tuturor factorilor care intervin efectiv în funcționare.

fibră optică, fir foarte subțire din sticlă, avînd o compoziție specială, prin intermediul căruia se poate propaga o undă luminoasă modulată. Ele sînt utilizate în sistemele de comunicații optice în care informația este transmisă cu ajutorul unor semnale de radiație luminoasă; în aceste sisteme fibrele de sticlă sînt folosite ca ghiduri de undă optice, de bandă largă. Avantajele principale ale transmisiilor prin **f. o.** sînt: diametrele reduse (sub 100 μm) și ca urmare posibilitatea realizării de cabluri cu număr mare de canale, diafonia foarte redusă între canale datorită imunității la interferențe electromagnetice, atenuarea relativ mică, ajungînd sub 3 dB/km, posibilitatea de transmisie într-o bandă largă de frecvențe (inclusiv a radiațiilor laser). Pentru exemplificare se menționează realizarea unei transmisii cu o capacitate de 12 000 canale telefonice la o distanță de 100 km printr-un cablu cuprinzînd 36 de **f. o.** Depășirea dificultăților privind tehnologia de fabricație a **f. o.** și a aparaturii anexe va conduce la o largă folosire a **f.o.** nu numai în rețelele telefonice, ci și în transmisiile de date, video, de facsimile etc.

filtrare, transformare a unui semnal $x(t)$ într-un semnal $y(t)$ printr-o dependență dată fie de o funcțională $L_t(x(\tau))$, care asociază realizării $x(\tau)$

și, unui moment de timp t, valoarea

$$y(t) = L_t(x(\tau)) \tag{1}$$

fie printr-o dependență fixată de o ecuație diferențială

$$\frac{d^n y}{dt^n} = f(t, x, \dot{x}, \ldots, x^{(n-1)}, y, \ldots, y^{(n-1)}) \tag{2}$$

Dacă pentru oricare moment de timp t funcționala (1) depinde numai de o realizare $x(\tau)$ pe un interval $\tau < t$, atunci **f.** poate fi realizată în timp real pe un dispozitiv tehnic fizic realizabil. Pentru **f.** cu ajutorul unui dispozitiv realizabil fizic în cazul (2) este necesară cunoașterea condițiilor inițiale. În cazul în care funcționala (1) este dependentă de realizarea $x(\tau)$ numai pe un interval $(t - T, t)$ atunci filtrul se numește cu memorie finită. Dacă dependența funcțională este numai de valori discrete $x_i(t_i)$ atunci filtrul se numește discret.

filtru, dispozitiv de prelucrare a semnalelor în sisteme de conducere a proceselor sau de transmitere a informației, realizat fie sub formă de program, în vederea asigurării prin calcul numeric a funcțiilor de estimare a stării, de reconstituire a datelor, de separare a semnalelor care coexistă pe un canal informațional, fie ca un circuit electric ce permite netezirea semnalelor de ieșire ale elementelor analogice și separarea informației utile de zgomot la măsurarea mărimilor din proces.

filtru adaptat, fitlru logic folosit pentru limitarea erorilor de transmisie a semnalelor prin recepția optimă a lor. Dacă zgomotul aditiv este gaussian, circuitul optimal de filtrare este un filtru liniar a cărui funcție de transfer depinde de forma semnalului și de repartiția spectrală a zgomotului.

filtru de bandă, circuit electric de tip cuadripol care asigură netezirea semnalelor de ieșire ale redresoarelor, demodulatoarelor sau discriminatoarelor. **F. de b.** permit trecerea semnalelor electrice de curent alternativ a căror frecvență se află într-un anumit interval *(filtru trece bandă — FTB)*, sau în afara unor limite fixate *(filtru trece jos — F T J*, respectiv *filtru trece sus — F T S)*. Problema practică a sintezei **f. de b.** în domeniul frecvenței constă în a găsi rețeaua cu număr minim de elemente active (de ex., amplificatoare operaționale) și pasive, care aproximează cît mai bine o funcție de transfer dată. Factorii de grad 1 și 2 ce intervin în funcția cu care se aproximează caracteristica **f. de b.** dorit sînt de forma:

$$F(s) = \frac{1}{1 + \tau s} \qquad \text{pentru factor de grad 1}$$

$$F_{2J}(s) = \frac{1}{1 + a\tau s + b\tau^2 s^2} \qquad \text{pentru } FTJ$$

$$F_{2B}(s) = \frac{K\tau s}{1 + a\tau s + b\tau^2 s^2} \qquad \text{pentru } FTB$$

$$F_{2S}(s) = \frac{K\tau^2 s^2}{1 + a\tau s + b\tau^2 s^2} \qquad \text{pentru } FTS$$

filtru de restabilire, element de reconstituire a datelor în sistemele cu eșantionare, care îndepărtează benzile laterale din semnalul eșantionat $e^*(t)$, înainte ca acesta să fie aplicat elementului de execuție (fig. F.1). Reconstituirea informației se poate face prin extrapolare polinomială, prin dispozitive de extrapolare (de reținere) de ordin zero, unu, fracționar .sau exponențial

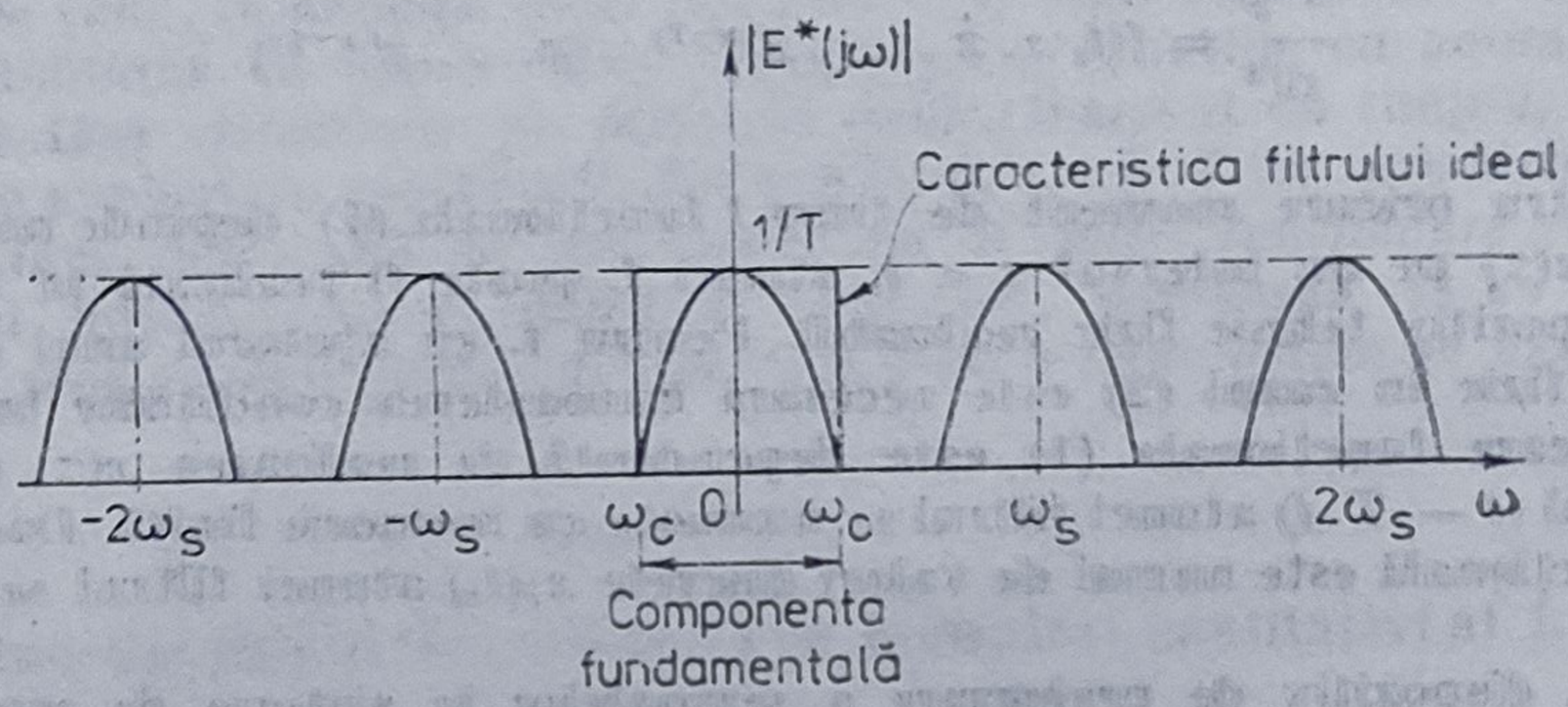


Fig. F.1. Caracteristica de frecvență a unui filtru de restabilire.

filtru Kalman—Bucy, dispozitiv sau program capabil să implementeze un algoritm de estimare a celei mai bune aproximări (în sensul minimizării erorii medii pătratice) pentru variabilele de stare asociate unui sistem dinamic liniar perturbat aleator, pe baza mărimilor măsurabile ale sistemului care sînt, de asemenea, afectate de zgomote aleatoare. Considerînd sistemul dinamic liniar, cu timp discret

$$x(K+1) = A(k)\,x(k) + \Gamma(k)\xi(k)$$

$$y(k) = C(k)\,x(k) + \zeta(k)$$

în care $\xi(k)$, $\zeta(k)$ sînt variabile aleatoare la momentul k, caracterizate statistic prin → **valori medii** și *matrici de covarianță*, ecuațiile **f. K—B.** sînt:

$$\hat{x}(k) = \bar{x}(k) + L(k)\,[y(k) - C(k)\bar{x}(k)]$$

unde

$$\bar{x}(k+1) = A(k)\cdot\hat{x}(k) + \Gamma(k)\bar{\xi}(k)$$

și x_0 dat, iar

$$L(k) = P(k)\cdot C^T(k)\cdot R^{-1}(k)$$

$$M(k+1) = A(k)P(k)A^T(k) + \Gamma(k)Q(k)\Gamma^T(k)$$

$$P(k) = M(k) - M(k)C^T(k)[C(k)M(k)C^T(k) + R(k)]^{-1}C(k)M(k)$$

în care $Q(k)$, $R(k)$ sînt matricile de covarianță asociate variabilelor aleatoare $\xi(k)$, $\zeta(k)$. În mod similar se definește **f. K—B.** pentru cazul sistemelor dinamice continui, perturbate aleator.

filtru logic, dispozitiv construit cu elemente de circuit discrete (de ex., circuite integrate numerice) ce realizează o serie de operații logice pentru separarea și eliminarea unor componente ale unui vector binar sau a unor caractere dintr-un mesaj transmis.

filtru numeric, program de calcul numeric implementat în sistemele de conducere cu calculator a proceselor, prin care se separă semnalul util de zgomotul cu care coexistă pe un canal de achiziție a informației din proces. **F.n.** este necesar în sistemele cu eșantionare din cauza fenomenului de interferență a semnalelor cu frecvențe înalte. Filtrarea numerică presupune discretizarea funcției de transfer $H_F(s)$ asociate elementului de filtrare. De ex.

$$H_F(s) = \frac{1}{1 + T_F s}$$

Semnalul $y_k = y(kT)$ la ieșirea **f.n.** are expresia

$$y_k = y_{k-1} + \frac{T}{T + T_F}(u_k - y_{k-1}) = y_{k-1} - K_F(u_k - y_{k-1})$$

unde T este perioada de eșantionare și u_k este valoarea curentă a intrării în **f.n.** la momentul k de eșantionare. Filtrarea numerică implică operații aritmetice și de acces la memoria de lucru, activate în ordinea: memorarea ultimei valori a ieșirii, y_{k-1}, scăderea ei din intrarea curentă, u_k, multiplicarea cu o constantă și adunarea rezultatului la valoarea memorată. Noua valoare, y_k, este supraînscrisă în memoria de lucru peste vechea valoare, y_{k-1}, înlocuind-o la următorul moment de eșantionare. Constanta de filtrare K_F poate fi fixă (înscrisă în memoria fixă PROM) sau variabilă (calculată separat și înscrisă periodic în memoria de lucru RAM). Filtrarea numerică se poate realiza prin calcule complexe, de tip: grupări de date, medii ponderate, metoda celor mai mici pătrate, ș.a.

filtru secvențial liniar, filtru logic realizat cu ajutorul registrelor de deplasare și a sumatoarelor modulo 2, ce pot prelucra secvențe de simboluri binare în vederea realizării unor operații de codificare, decodificare, selecție. Structura **f.s.l.** pentru codificare și a **f.s.l.** invers pentru decodificare se determină în funcție de numărul simbolurilor informaționale, transmise și de numărul

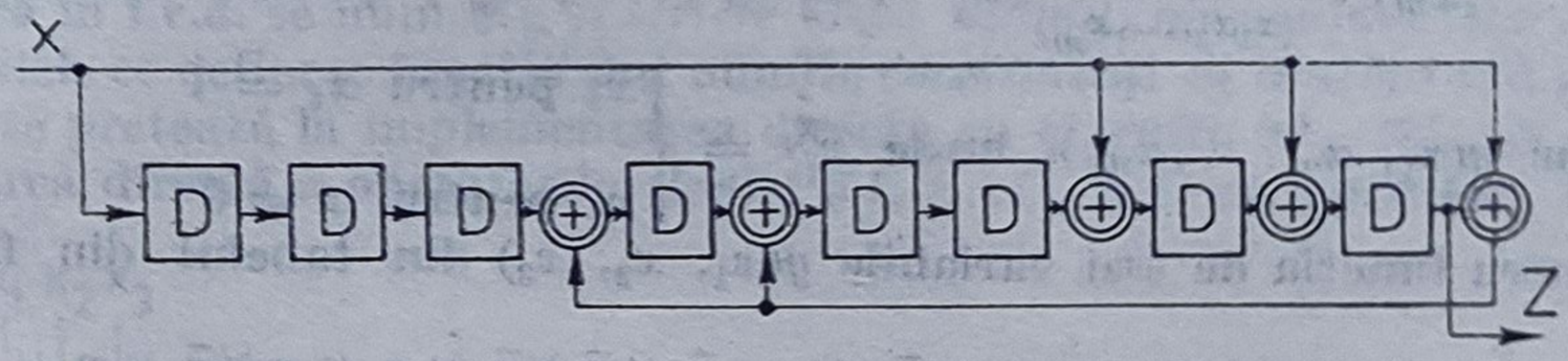


Fig. F.2. Schema logică a unui filtru secvențial liniar.

maxim de erori ce trebuie corectate. În fig. F.2 este reprezentat un **f.s.l.** cu număr minim de elemente de întîrziere, corespunzător funcției de transfer intrare/ieșire

$$H = \frac{Z}{X} = \frac{D^8 \oplus D^5 \oplus D^4 \oplus D^2 \oplus D}{D^5 \oplus D^4 \oplus I}$$

unde D^k este un operator algebric a cărui acțiune se traduce prin întîrzierea simbolului logic asupra căruia acționează cu k tacte.

finitate, proprietate a unui sistem $S - (A, B, C)$ conform căreia acesta este finit dimensional, dacă X este un spațiu liniar de dimensiune finită;

dimensiunea sistemului este dimensiunea spaţiului de stare. Un sistem S este cu număr finit de stări dacă X este o mulţime finită. Şi în sfîrşit un sistem S este finit dacă X, U, Y sînt mulţimi finite, $T = \mathbb{Z}$ (sistemul este discret) şi sistemul este invariant în timp.

fişă tehnologică de programare (la maşini-unelte), document care conţine datele de prelucrare a unei piese, cu elementele constructive şi tehnologice necesare, şi care serveşte ca bază pentru întocmirea programului piesă.

fişier, mulţime de informaţii, cu o organizare bine determinată, ce caracterizează un anumit element sau activitate în cadrul unui proces de conducere sau de calcul. **F.** sînt păstrate pe diverse suporturi (benzi sau discuri magnetice cartele, benzi perforate, memorie centrală etc.). Elementele componente ale **f.** se numesc înregistrări. Înregistrările unui **f.** pot fi organizate într-un mod independent de aplicaţie (**f.** *logic*) sau într-un mod dependent de înţelesul înregistrărilor (**f.** *cu organizare nedefinită*). Cînd înregistrările conţin date, **f.** de date constituie şi baza de date (→ **bază de date**) a unei aplicaţii.

fluid, agent de lucru, purtător de informaţie şi energie, în sistemele hidraulice şi pneumatice de automatizare. Sistemele hidraulice folosesc ca **f.** uleiuri minerale sau uleiuri sintetice din polimeri ai oxidului de siliciu şi compuşi pe bază de eter. În sistemele pneumatice **f.** purtător de energie este aerul atmosferic sau un gaz sub presiune.

format de frază, mod de dispunere a cuvintelor într-o frază. În **f. de f.** cu adresă fiecare cuvînt conţine o adresă. **F. de f.** se caracterizează prin faptul că numărul cuvintelor este acelaşi în toate frazele, ordinea cuvintelor este aceeaşi în fiecare frază, iar numărul de caractere dintr-un cuvînt, în fiecare poziţie a frazei, este constant. **F. de f.** tabelar este acela în care primul caracter al fiecărui cuvînt este un simbol de tabelare orizontală şi în care caracterele sînt prezentate într-o ordine precisă.

formă canonică conjunctivă, modalitate de a reprezenta o funcţie booleeană după expresia:

$$y(x_1, x_2, \ldots, x_m) = \bigcap_{(\alpha_1\alpha_2,\ldots,\alpha_m)} (x_1^{\bar{\alpha}_1} \cup x_2^{\bar{\alpha}_2} \cup \ldots \cup x_m^{\bar{\alpha}_m}) \text{ pentru valorile „0“}$$

ale ieşirilor $y(\alpha_1, \alpha_2, \ldots \alpha_m,)$, unde $x_i^{\bar{\alpha}_i} = \begin{cases} \bar{x}_i \text{ pentru } \alpha_i = 1 \\ x_i \text{ pentru } \alpha = 0 \end{cases}$

De ex. pentru funcţia de trei variabile $y(x_1, x_2, x_3)$ din tabelul din fig. F.3

$$y_{FCC} = (x_1 \cup x_2 \cup x_3)(x_1 \cup x_2 \cup \bar{x}_3)(x_1 \cup \bar{x}_2 \cup \bar{x}_3)(\bar{x}_1 \cup x_2 \cup x_3)(\bar{x}_1 \cup x_2 \cup \bar{x}_3)$$

Scrierea în **f.c.c.** se numeşte şi *scriere după zerouri*”, iar termenul de conjuncţie format din disjuncţiile tuturor variabilelor ce definesc funcţia se numeşte *maxtermen* sau *constituent al zeroului*. **F.c.c.** se pretează la implementarea directă cu circuite *NICI*, prin înlocuirea directă a operatorilor logici *SI*, *SAU*, *NU* cu operatori logici *NICI*. De remarcat că **f.c.c.** nu este de regulă redusă (minimală).) Pentru exemplul dat, notînd cu ↓ operatorul *NICI*, $\overline{x_1 \cup x_2 \cup x_3} = \downarrow (x_1, x_2, x_3$

$$y_{FCC} = \downarrow (\downarrow (x_1, x_2, x_3)(x_1, x_2(\downarrow x_3))(x_1, (\downarrow x_2)(\downarrow x_3))((\downarrow x_1), x_2, x_3)((\downarrow x_1),$$

$$x_2, (\downarrow x_3)))$$

iar schema de implementare este dată în *fig.* F.4.

x_1	x_2	x_3	y
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	1

Fig. F.3. Diagrama intrare-ieşire pentru funcţia booleeană $y = f(x_1, x_2, x_3)$.

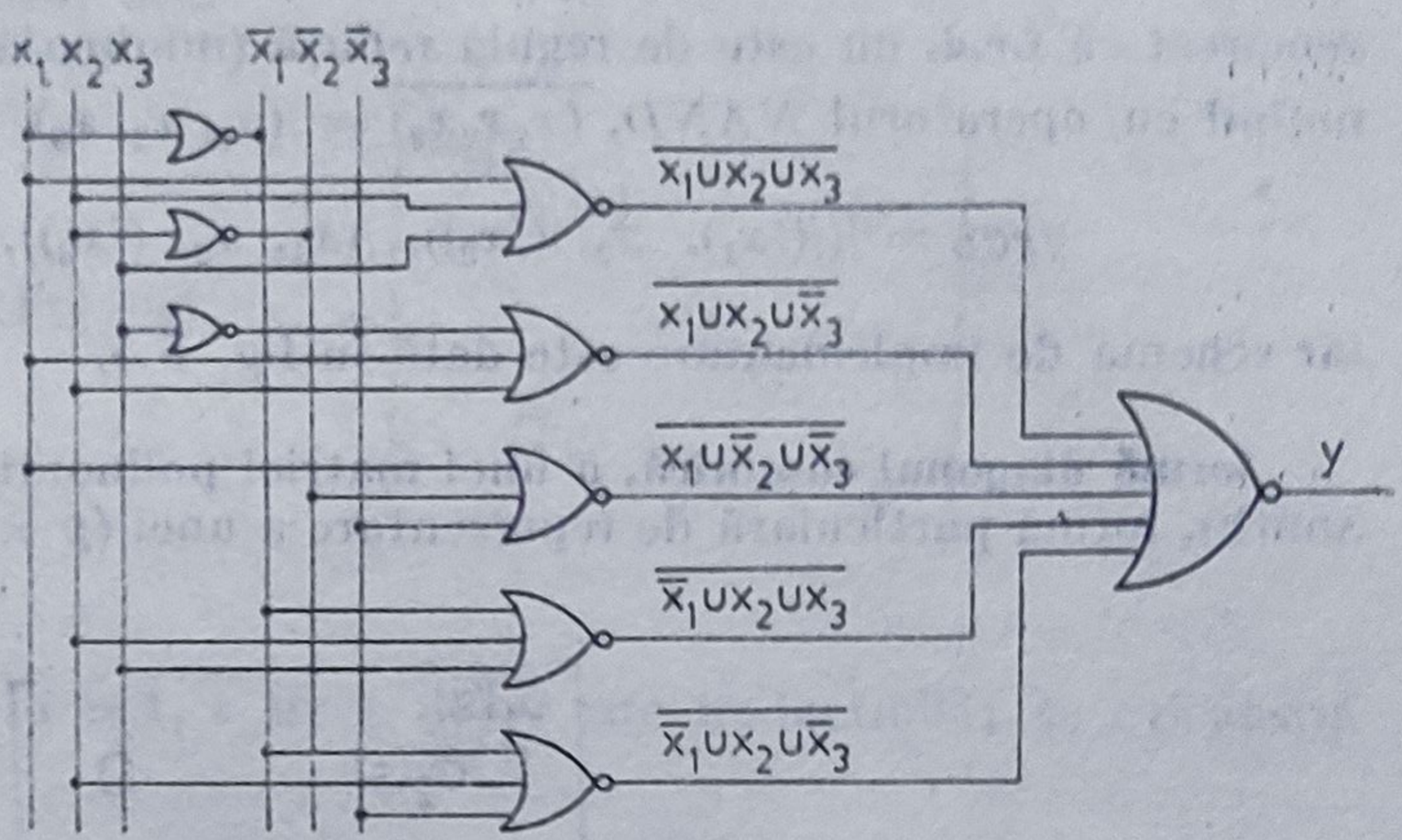


Fig. F.4. Schema logică de implementare a formei canonice conjunctive pentru funcţia $y = f(x_1, x_2, x_3)$.

formă canonică disjunctivă, modalitate de a reprezenta o funcţie booleană după expresia:

$$y(x_1, x_2, \ldots, x_m) = \bigcup_{(\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_m)} x_1^{\alpha_1} x_2^{\alpha_2}, \ldots, x_m^{\alpha_m}$$ pentru valorile „1" ale ieşirilor $y(\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_m)$, unde $x_i^{\alpha_i} = \begin{cases} x_i & \text{pentru } \alpha_i = 1 \\ \bar{x}_i & \text{pentru } \alpha_i = 0 \end{cases}$

De ex., funcţia de trei variabile $y(x_1, x_2, x_3)$ din tabelul din fig. F.3 se scrie

$$y_{FCD} = \bar{x}_1 x_2 \bar{x}_3 \cup x_1 x_2 \bar{x}_3 \cup x_1 x_2 x_3$$

Scrierea în **f.c.d.** se numeşte şi *scriere după unităţi*, iar conjuncţiile formate din variabilele ce definesc funcţia sînt numite *constituenţi ai unităţii* sau *mintermeni*. **F.c.d.** se pretează la implementarea directă cu circuite SI—NU (*NAND*), prin înlocuirea directă a operatorilor logici *SI*, *SAU*, *NU* cu operatori *NAND*. De

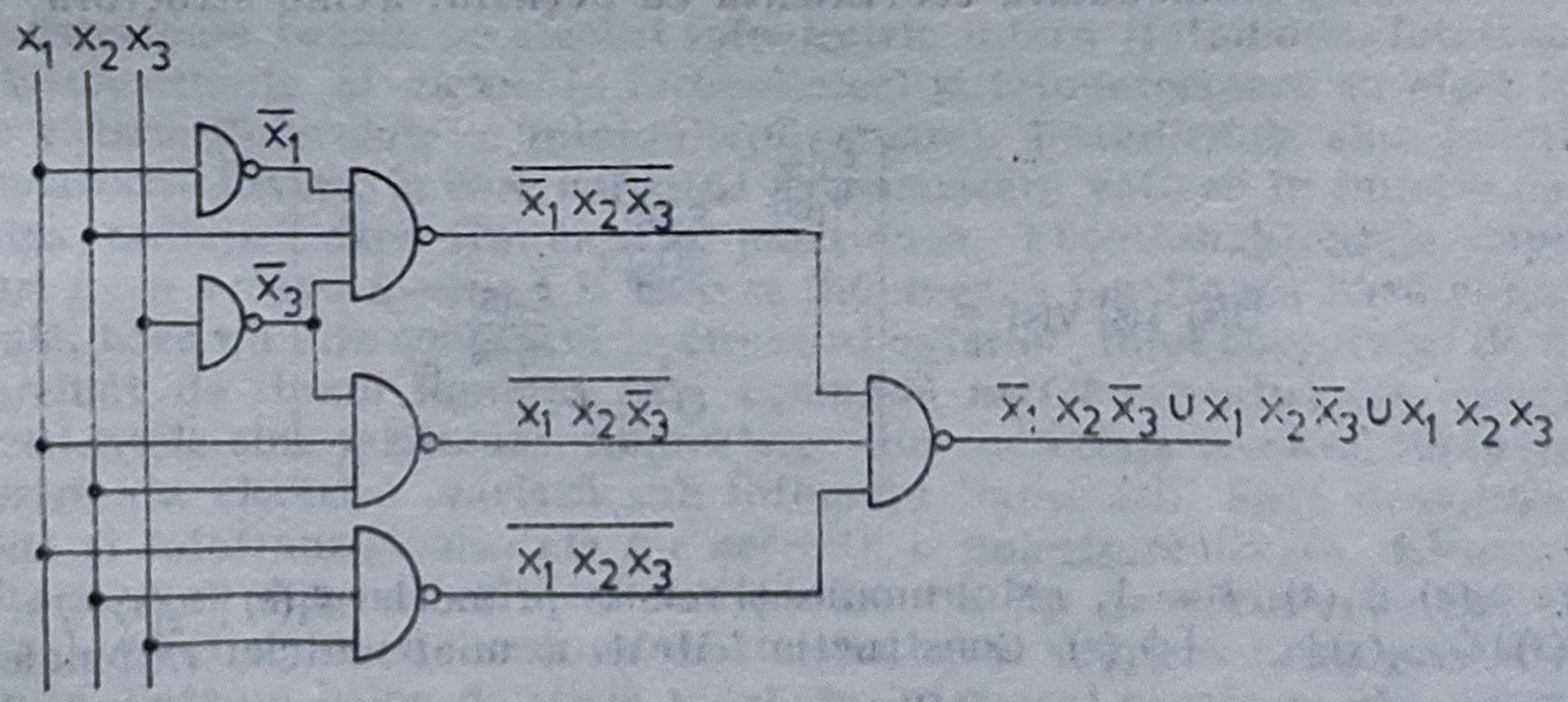


Fig. F.5. Schema logică de implementare a formei canonice disjunctive pentru funcţia $y = f(x_1, x_2, x_3)$.

remarcat că **f.c.d.** nu este de regulă redusă (minimală). Pentru exemplul dat, notînd cu / operatorul *NAND*, $\overline{(x_1 x_2 x_3)} = /(x_1, x_2, x_3)$

$$y_{FCD} = /(/(/x_1),\ x_2,\ (/x_3)),\ /(x_1,\ x_2,\ (/x_3)),\ /(x_1,\ x_2,\ x_3))$$

iar schema de implementare este dată în fig. F.5.

formă diagonal canonică, a unei matrici polinomiale sau numerice (forma Smith), formă particulară de reprezentare a unei $(p \times m)$-matrici

$$\Lambda(s) = \begin{bmatrix} \delta_1(s) & & & & & \\ & \delta_2(s) & & & 0 & \\ & & \ddots & & & \\ & & & \delta_r(s) & & \\ & & & & 0 & \\ 0 & & & & & \ddots \\ & & & & & & 0 \end{bmatrix}$$

unde $\delta_1(s) \mid \delta_2(s) \mid \ldots \mid \delta_r(s)$ și polinoamele $\delta_i(s)$; $i = \overline{1, r}$ sînt monice și nenule. Orice matrice $P(s)$ este → **unimodular echivalentă** cu o matrice diagonal canonică, deci există transformările unimodulare $U(s)$, $V(s)$ așa încît

$$\Lambda(s) = U(s)\ P(s)\ V(s)$$

F.d.c. permite, printre altele, calculul polinomului minimal al matricii A: dacă se aduce $P(s) = [sI - A]$ la forma diagonal canonică, $\delta_r(s) = \mu(s)$ reprezintă polinomul minimal al matricii A. În cazul particular al matricilor numerice se va obține $\delta_i(s) = 1$, $\forall i$, această **f.d.c.**, fiind utilă în determinarea unei realizări minimale (→ **algoritmul Ho**) pentru un sistem descris de matricea de transfer $T(s)$. Polinoamele $\delta_i(s)$ din **f.d.c.** care au $\partial[\delta_i(s)] \neq 0$ se numesc *factori invarianți*, toate matricile → **unimodular echivalente** avînd aceeași factori invarianți.

formă McMillan, a unei $(p \times m)$-matrici raționale $T(s)$, formă particulară de reprezentare, unimodulară echivalentă cu aceasta, avînd structura:

$$U(s)\ T(s)\ V(s) = \begin{bmatrix} \frac{\varepsilon_1(s)}{\psi_1(s)} & & & & & \\ & \frac{\varepsilon_2(s)}{\psi_2(s)} & & & 0 & \\ & & \ddots & & & \\ & & & \frac{\varepsilon_r(s)}{\psi_r(s)} & & \\ & 0 & & & 0 & \\ & & & & & \ddots \\ & & & & & & 0 \end{bmatrix}$$

în care $\varepsilon_i(s)$, $\psi_i(s)$: $s = \overline{1, r}$ sînt monice și relativ prime, iar $\varepsilon_1(s) \mid \varepsilon_2(s) \mid \ldots \mid \varepsilon_r(s)$ și $\psi_r(s) \mid \psi_{r-1}(s) \mid \ldots \mid \psi_1(s)$. Construcția **f.McM.** a unei matrici raționale $T(s)$ se face astfel: se scrie $T(s) = \dfrac{P(s)}{\pi(s)}$, unde $(p \times m)$-matricea $P(s) \in \mathbb{R}[s]$ și $\pi(s)$ = c.m.m.m.c. al numitorilor elementelor lui $T(s)$; se aduce $P(s)$ la

→**forma diagonal canonică,** deci

$$\Lambda(s) = U(s)\,P(s)\,V(s) = \begin{bmatrix} \delta_1(s) & & & & & \\ & \delta_2(s) & & & 0 & \\ & & \ddots & & & \\ & & & \delta_r(s) & & \\ & & & & 0 & \\ & 0 & & & & \ddots \\ & & & & & & 0 \end{bmatrix}$$

și se scriu $\dfrac{\delta_i(s)}{\pi(s)} = \dfrac{\varepsilon_i(s)}{\psi_i(s)} : i = \overline{1, r}$ unde $\dfrac{\varepsilon_i(s)}{\psi_i(s)}$ este ireductibilă; se calculează $\dfrac{\Lambda(s)}{\pi(s)}$ care va fi în **f. McM.** (unică). Această formă este utilă în problemele de analiză și sinteză ale sistemelor descrise prin matrici raționale. Notînd

$$\partial(T(s)) \overset{\Delta}{=} \sum_{i=1}^{r} \nu[\psi_i(s)]$$

acesta va reprezenta ordinul minimal de realizare a matricii raționale $T(s)$.

formă trapezoidală, a unei $(p \times m)$-matrici, forma superior triunghiulară la dreapta sau inferior triunghiulară la stînga a unei matrici polinomiale (sau numerice). O matrice $P(s)$ de tip $(p \times m)$ este în forma superior triunghiulară la dreapta dacă:

$p_{i+k,i}(s) = 0,\ k = \overline{1, p-i},\ i = \overline{1, p-1}$; pentru $k = \overline{1, i-1}$ avem $\partial[p_{ki}(s)] < \partial[p_{ii}(s)]$ dacă $\partial[p_{ii}(s)] \geqslant 1$ și $p_{ki}(s) = 0$ dacă $p_{ii}(s) =$ct. $\neq 0$; uneori se impune ca $p_{ii}(s) \neq 0$ să fie monic. Matricea $P(s)$ de tip $(p \times m)$ este în forma inferior triunghiulară la stînga dacă $P^T(s)$ este în forma superior triunghiulară la dreapta. În cazul în care $\partial[p_{ij}(s)] = 0,\ \forall_{i,j}$ matricea P este o matrice de numere și definițiile anterioare se particularizează cu ușurință. Forma trapezoidală este utilă în calculul c.m.m.d.c. la dreapta (stînga) a două matrici.

fotoelement, dispozitiv care convertește radiația luminoasă într-un semnal electric. În funcție de natura fenomenelor care determină conversia **f.** se clasifică în: fotodetectoare bazate pe efectul fotoelectric intern (fotodiode, fototranzistoare, fotorezistențe și elemente fotovoltaice) și fotodetectoare cu efect fotoelectric extern (fotocelule și fotomultiplicatoare). Fotodiodele sînt joncțiuni $p-n$ polarizate invers, la care curentul de polarizare variază în funcție de intensitatea radiației care iluminează joncțiunea. Fototranzistoarele cuprind structuri $p-n-p$ sau $n-p-n$ la care se iluminează joncțiunea bază colector. De regulă, baza nu este conectată în circuitul exterior, rolul curentului de bază fiind preluat de fluxul luminos care comandă astfel curentul din colector. Fotorezistențele sînt rezistoare volumetrice din materiale semiconductoare la care rezistența electrică variază sub influența iluminării. Spre deosebire de fotodiode și fototranzistoare, ele nu necesită o polarizare fixată. Elementele fotovoltaice sînt dispozitive semiconductoare de tip generator, în care sub acțiunea luminii apare o tensiune electromotoare. Celulele fotoelectrice sînt constituite dintr-un balon de sticlă vidat, în interiorul căruia se află un anod inelar și un catod sub formă de peliculă din metale alcaline, depusă pe peretele balonului. Electronii emiși de fotocatod sub acțiunea radiației luminoase,

→**forma diagonal canonică,** deci

$$\Lambda(s) = U(s)P(s)V(s) = \begin{bmatrix} \delta_1(s) & & & & \\ & \delta_2(s) & & 0 & \\ & & \ddots & & \\ & & & \delta_r(s) & \\ & & & & 0 \\ 0 & & & & & \ddots \\ & & & & & & 0 \end{bmatrix}$$

și se scriu $\frac{\delta_i(s)}{\pi(s)} = \frac{\varepsilon_i(s)}{\psi_i(s)} : i = \overline{1, r}$ unde $\frac{\varepsilon_i(s)}{\psi_i(s)}$ este ireductibilă; se calculează $\frac{\Lambda(s)}{\pi(s)}$ care va fi în **f. McM.** (unică). Această formă este utilă în problemele de analiză și sinteză ale sistemelor descrise prin matrici raționale. Notînd

$$\partial(T(s)) \overset{\Delta}{=} \sum_{i=1}^{r} \nu[\psi_i(s)]$$

acesta va reprezenta ordinul minimal de realizare a matricii raționale $T(s)$.

formă trapezoidală, a unei $(p \times m)$-matrici, forma superior triunghiulară la dreapta sau inferior triunghiulară la stînga a unei matrici polinomiale (sau numerice). O matrice $P(s)$ de tip $(p \times m)$ este în forma superior triunghiulară la dreapta dacă:

$p_{i+k,i}(s) = 0, k = \overline{1, p-i}, i = \overline{1, p-1}$; pentru $k = \overline{1, i-1}$ avem $\partial[p_{ki}(s)] < \partial[p_{ii}(s)]$ dacă $\partial[p_{ii}(s) \geqslant 1$ și $p_{ki}(s) = 0$ dacă $p_{ii}(s) =$ct. $\neq 0$; uneori se impune ca $p_{ii}(s) \neq 0$ să fie monic. Matricea $P(s)$ de tip $(p \times m)$ este în forma inferior triunghiulară la stînga dacă $P^T(s)$ este în forma superior triunghiulară la dreapta. În cazul în care $\partial[p_{ij}(s)] = 0, \forall_{i,j}$ matricea P este o matrice de numere și definițiile anterioare se particularizează cu ușurință. Forma trapezoidală este utilă în calculul c.m.m.d.c. la dreapta (stînga) a două matrici.

fotoelement, dispozitiv care convertește radiația luminoasă într-un semnal electric. În funcție de natura fenomenelor care determină conversia **f.** se clasifică în: fotodetectoare bazate pe efectul fotoelectric intern (fotodiode, fototranzistoare, fotorezistențe și elemente fotovoltaice) și fotodetectoare cu efect fotoelectric extern (fotocelule și fotomultiplicatoare). Fotodiodele sînt joncțiuni $p-n$ polarizate invers, la care curentul de polarizare variază în funcție de intensitatea radiației care iluminează joncțiunea. Fototranzistoarele cuprind structuri $p-n-p$ sau $n-p-n$ la care se iluminează joncțiunea bază colector. De regulă, baza nu este conectată în circuitul exterior, rolul curentului de bază fiind preluat de fluxul luminos care comandă astfel curentul din colector. Fotorezistențele sînt rezistoare volumetrice din materiale semiconductoare la care rezistența electrică variază sub influența iluminării. Spre deosebire de fotodiode și fototranzistoare, ele nu necesită o polarizare fixată. Elementele fotovoltaice sînt dispozitive semiconductoare de tip generator, în care sub acțiunea luminii apare o tensiune electromotoare. Celulele fotoelectrice sînt constituite dintr-un balon de sticlă vidat, în interiorul căruia se află un anod inelar și un catod sub formă de peliculă din metale alcaline, depusă pe peretele balonului. Electronii emiși de fotocatod sub acțiunea radiației luminoase,

antrenați de cîmpul electric dintre anod și catod determină curentul fotoelectric din circuitul exterior. Fotomultiplicatoarele sînt celule fotoelectrice prevăzute cu mai mulți anozi intermediari care permit amplificarea curentului emis de fotocatod pe baza fenomenului de emisie secundară. **F.** sînt utilizate ca elemente sensibile pentru traductoarele și aparatele de măsurat mărimi caracteristice radiației luminoase (intensitate, flux, strălucire). Ele sînt, de asemenea, utilizate frecvent în componența unor traductoare de mărimi neelectrice care funcționează pe principiul modulării unui flux luminos. Printre cele mai răspîndite traductoare folosind f. pot fi menționate cele de deplasare și de viteză. Alte domenii importante de utilizare sînt cel al dispozitivelor optoelectronice și al conversiei directe a energiei solare în energie electrică (elementele fotovoltaice).

frază, grup de cuvinte considerate ca o unitate (bloc), cuprinzînd toate instrucțiunile necesare executării unei operații și care este citit și executat de echipamentul de comandă în mod separat. O **f.** este constituită dintr-un cuvînt „număr de bloc", urmat de cuvinte informaționale și se termină cu un caracter „separare de bloc" care indică sfîrșitul fiecărui bloc de informație. În comanda numerică a mașinilor unelte informațiile care figurează într-un bloc se rezumă în cazul general la următoarele elemente: numărul blocului; funcții pregătitoare, (modul de deplasare), coordonate, viteză de avans, viteză de rotație sculă, tip de sculă (sau schimbarea sculei), funcții auxiliare (de ex., condiții de răcire). Exemplu: deplasarea unui organ mobil pe axa X cu avans rapid pe o lungime de 300 de cuante de deplasare, spre originea axei, cu rotația spre stînga a broșei cu numărul 11 în treapta de viteză 15 se reprezintă prin fraza:
Nxxx Goo X — 3000 S45 T11 Mo4 LF

frecvență purtătoare, frecvență înaltă a semnalului purtător (a unei oscilații sinusoidale sau a unei succesiuni de impulsuri) al cărei parametru (de ex., amplitudine, fază, frecvență) este variat de semnalul modulator. În amplificatoarele cu modulare — demodulare din regulatoarele neliniare IEA (de ex., H22) **f.p.** este de 1 000 Hz.

funcție booleeană, expresie conținînd un număr finit de variabile $x_1, x_2, \ldots, x_m$ legate între ele prin operații ale algebrei booleene, atît variabilele cît și funcția $y(x_1, x_2, \ldots, x_m)$ fiind elemente binare. În general, pentru o funcție depinzînd de m, intrări, se formează 2^m combinații și se pot defini 2^{2^m} funcții depinzînd de m variabile. Astfel cu două variabile primare se pot obține 16 funcții booleene caracteristice, prezentate în tabelul din fig. F.6, și care poartă denumirile: f_1 — funcție zero; f_2 — funcție SI; f_3 — funcție inhibație (x_1 inhibă x_2); f_4 — funcția x_1; f_5 — funcția inhibiție (x_2 inhibă x_1); f_6 — funcția x_2; f_7 — sumă

x_1	x_2	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6	f_7	f_8	f_9	f_{10}	f_{11}	f_{12}	f_{13}	f_{14}	f_{15}	f_{16}
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1

Fig. F.6. Funcțiile booleene de două variabile primare.

modulo 2 ($x_1 \oplus x_2$); f_8 — funcția SAU; f_9 — funcția SAU—NU (NOR sau NICI); f_{10} — funcția identitate; f_{11} — funcția x_2 negat ($\bar{x}_2$); f_{12} — funcția

implicație (x_2 implică x_1); f_{13} — funcția x_1 negat ($\bar{x}_1$); f_{14} — funcția implicație (x_1 implică x_2); f_{15} — funcția $SI-NU$ (NAND); f_{16} — funcția unitate.

funcție de autocorelație → **autocorelație**

funcție de densitate spectrală, reprezentare a transformatei Fourier a funcției de autocorelație pentru o funcție stochastică supusă condițiilor de staționaritate și ergodicitate:

$$R_{xx}(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} R_{xx}(\tau)\, e^{-j\omega\tau}\, d\tau$$

Revenirea la funcția de autocorelație se face cu transformata Fourier inversă:

$$R_{xx}(\tau) = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} R_{xx}(\omega)\, e^{j\omega\tau}\, d\omega = \frac{1}{\pi}\int_{0}^{\infty} R_{xx}(\omega)\, e^{j\omega\tau}\, d\omega$$

F.de d.s. este utilă în descrierea sistemelor cu mărimi de intrare caracterizate stochastic, permițînd soluționarea unor probleme specifice sintezei sistemelor.

funcție de descriere, mod de caracterizare a comportării intrare-ieșire a unui sistem neliniar, în ipoteza aproximării ieșirii prin prima armonică. Formulele de calcul pentru **f.de d.** sînt:

$$\underline{N}(X, \omega) = N_R(X, \omega) + jN_I(X, \omega)$$

$$N_R(X, \omega) = \frac{1}{\pi X}\int_{0}^{T} y(\omega t)\, \sin\, \omega t\, dt$$

$$N_I(X, \omega) = \frac{1}{\pi X}\int_{0}^{T} y(\omega t)\, \cos\, \omega t\, dt$$

valabile pentru o intrare a sistemului neliniar de forma

$$x(t) = X \sin\, \omega t$$

În cazul neliniarităților statice, **f.de d.** depinde numai de X, iar pentru neliniarități dinamice **f.de d.** depinde de X și ω. **F.de d.** este utilă în cazul analizei stabilității oscilațiilor întreținute ale unui sistem automat neliniar.

funcție de ieșire, reprezentare a evoluției unei mărimi de ieșire (efect) a unui sistem dinamic

$$\gamma: T \to Y$$

adică

$$\gamma = \{y(t) \mid t \in T,\ y(t) \in Y\}$$

totalitatea acestor funcții reprezentînd clasa funcțiilor de ieșire

$$\Gamma = \{\gamma: T \to Y\}$$

funcție de intrare, reprezentare a evoluției unei mărimi de intrare (cauză), acceptată de sistem:

$$\omega : T \to U \text{ adică } \omega = \{u(t) \mid t \in T,\ u(t) \in U\}$$

totalitatea acestor funcții constituind clasa de funcții de intrare acceptate de sistem

$$\Omega = \{\omega :\ T \to U\}$$

funcție de intrare standard, caz particular al funcției de intrare:

$$u(t) \doteq \begin{cases} 0 & t < 0 \\ A\dfrac{t^n}{n!}, & t \geqslant 0,\ n \geqslant 0 \end{cases}$$

avînd transformata Laplace:

$$u(s) = \frac{A}{s^{n+1}},\ n \geqslant 0$$

Se utilizează următoarele denumiri pentru primele funcții de intrare standard în raport cu n: $n = 0$, funcție treaptă; $n = 1$, funcție rampă; $n = 2$, funcție parabolă; $n = 3$, funcție parabolă cubică, iar în cazul particular $A = 1$ se atașază denumirilor anterioare și atributul de „unitară".

funcție de transfer, pentru un sistem liniar, invariant și continuu (discret) cu o intrare și o ieșire, $S - (A,\ b,\ c^T)$, este prin definiție

$$H(s) \overset{\Delta}{=} c^T(sI - A)^{-1}b = \mathfrak{L}\ [h(t)]$$

$$(H(z) \overset{\Delta}{=} c^T(zI - A)^{-1}b)$$

caracterizînd complet sistemul, în condiții inițiale nule, $x(0) = 0$. Cum răspunsul unui sistem avînd condiții inițiale nule este

$$y(t) = \mathfrak{L}^{-1}[y(s)]; \qquad t \in \mathbb{R}$$

$$(y(t) = \mathfrak{Z}^{-1}[y(z)]; \qquad t \in \mathbb{Z})$$

$$\text{cu } y(s) = H(s)u(s)$$

$$(y(z) = H(z)u(z))$$

rezultă că

$$H(s) = \frac{y(s)}{u(s)}$$

$$\left(H(z) = \frac{y(z)}{u(z)}\right)$$

deci **f.de t.** reprezintă raportul transformatelor Laplace (transformatelor $\mathcal{Z}$) ale mărimilor de ieşire şi de intrare. Cu alte cuvinte **f.de t.** se asociază comportării intrare-ieşire a sistemului continuu (discret) cu condiţii iniţiale nule.

funcţie de tranziţie a ieşirii, aplicaţia η ce exprimă evoluţia mărimii de ieşire, ca rezultat al modificării variabilei de stare x, printr-o conexiune instantanee. Este definită de

$$\eta: T \times X \to Y$$

cu $y(t) = \eta(t, x(t))$

funcţie de tranziţie a stării, aplicaţia φ ce caracterizează modificarea stării iniţiale x_0, sub acţiunea mărimii de intrare care evoluează după funcţia $\omega \in \Omega$. Este definită de

$$\varphi: T \times T \times X \times \Omega \to X$$

prin egalitatea

$$x(t) = \varphi(t;\ t_0,\ x_0,\ \omega)$$

Se vede că această tranziţie depinde de istoria anterioară a procesului, pusă în evidenţă de prezenţa întregii funcţii de intrare $\omega: [t_0,\ t] \to u$. **F.de t.a s.** are următoarele proprietăţi remarcabile:

— orientabilitate: φ este definită pentru $\forall t \geqslant t_0$;

— consistenţă; $\varphi(t;\ t,\ x,\ \omega) = x$, $\forall t \in T$ şi $\forall x \in X$;

— compozabilitate: pentru $t_1 < t_2 < t_3$

$$\varphi(t_3;\ t_1,\ x,\ \omega) = \varphi(t_3;\ t_2,\ \varphi(t_2;\ t_1,\ x,\ \omega),\ \omega)$$

oricare ar fi $x \in X$ şi $\omega \in \Omega$;

— cauzalitate: pentru $\omega,\ \bar{\omega} \in \Omega$ şi $\omega_{[t_0,t)} = \bar{\omega}_{[t_0,t)}$ rezultă că

$$\varphi(t;\ t_0,\ x,\ \omega) = \varphi(t;\ t_0,\ x,\ \bar{\omega})$$

funcţie Dirac (δ — *funcţia, funcţia impuls unitar*), exprimare clasică a cazului limită al funcţiei dreptunghi de arie unitară

$$\delta_\varepsilon(t) = \begin{cases} \dfrac{1}{2\varepsilon}, & |t| \leqslant \varepsilon \\ 0 & |t| > \varepsilon \end{cases}$$

cînd $\varepsilon \to 0$, deci

$$\delta(t) = \lim_{\varepsilon \to 0} \delta_\varepsilon(t) = \begin{cases} \infty & t = 0 \\ 0 & t \neq 0 \end{cases}$$

În mod similar se defineşte **f.D.** deplasată

$$\delta(t - \tau) = \begin{cases} \infty & t = \tau \\ 0 & t \neq \tau \end{cases}$$

Se consideră, de asemenea, că pentru f.D. sînt adevărate următoarele relații

$$\int_{-a}^{a} \delta(t)\, dt = 1 \text{ oricare } a > 0$$

$$\int_{-a}^{a} f(t)\,\delta(t)\, dt = f(0) \text{ oricare } f(t) \text{ continuă pe } [-a, a] \text{ sau cu număr finit de discon-}$$

tinuități de prima speță pe acest interval (proprietatea de filtrare a f.D.). Aceste proprietăți pun în evidență faptul că $\delta(t)$ nu este o funcție în sensul obișnuit al cuvîntului. Într-adevăr, considerînd o funcție integrabilă $f(t)$, funcția $F(t) = \int_a^t f(\tau)\, d\tau$ este continuă în t. Considerînd acum $F(\tau) = \int_{-1}^{t} \delta(\tau)\, d\tau$ se constată că $F(t) = 0$ dacă $-1 < t < 0$ și $F(t) = 1$ dacă $t > 0$, ceea ce arată că $F(t)$ nu este continuă. Evident că f.D. nu poate reprezenta un semnal fizic realizabil, par din punct de vedere matematic ea este deosebit de utilă; de ex., pe baza droprietății de filtrare a f.D. se deduce că

$$\mathcal{L}[\delta(t)] = 1$$

și atunci funcția pondere se poate defini ca reprezentînd răspunsul unui sistem avînd ca mărime de intrare un impuls unitar. Definirea corectă a f.D. este bazată pe teoria distribuțiilor (→ **distribuția Dirac**).

funcție indicială → **răspunsul indicial al unui sistem**

funcție pondere, pentru un sistem liniar continuu și variant, cu o intrare și o ieșire, aplicație definită de egalitatea

$$h(t, \tau) = c^T(t)\, \Phi(t, \tau) b(\tau), \quad \forall t, \tau$$

unde $\Phi(t,\tau)$ este → **funcția de tranziție a stării**. Răspunsul sistemului (asociat stării $x(t_0) = 0$) se scrie

$$y(t) = \int_{t_0}^{t} h(t, \tau)\, u(\tau)\, d\tau, \quad \forall t \geqslant t_0$$

Dacă sistemul este invariant atunci f.p. este definită de aplicația

$$h(t) = c^T e^{At} b, \quad t \in \mathbb{R}$$

răspunsul forțat al sistemului fiind

$$y(t) = \int_{0}^{t} h(t - \tau) u(\tau)\, d\tau, \quad \forall t \geqslant 0$$

Se consideră, de asemenea, că pentru **f.D.** sînt adevărate următoarele relații

$$\int_{-a}^{a} \delta(t)\, dt = 1 \text{ oricare } a > 0$$

$$\int_{-a}^{a} f(t)\,\delta(t)\, dt = f(0) \text{ oricare } f(t) \text{ continuă pe } [-a, a] \text{ sau cu număr finit de discon-}$$

tinuități de prima speță pe acest interval (proprietatea de filtrare a **f.D.**). Aceste proprietăți pun în evidență faptul că $\delta(t)$ nu este o funcție în sensul obișnuit al cuvîntului. Într-adevăr, considerînd o funcție integrabilă $f(t)$, funcția $F(t) = \int_a^t f(\tau)\, d\tau$ este continuă în t. Considerînd acum $F(\tau) = \int_{-1}^{t} \delta(\tau)\, d\tau$ se constată că $F(t) = 0$ dacă $-1 < t < 0$ și $F(t) = 1$ dacă $t > 0$, ceea ce arată că $F(t)$ nu este continuă. Evident că **f.D.** nu poate reprezenta un semnal fizic realizabil, par din punct de vedere matematic ea este deosebit de utilă; de ex., pe baza droprietății de filtrare a **f.D.** se deduce că

$$\mathfrak{L}[\delta(t)] = 1$$

și atunci funcția pondere se poate defini ca reprezentînd răspunsul unui sistem avînd ca mărime de intrare un impuls unitar. Definirea corectă a **f.D.** este bazată pe teoria distribuțiilor (→ **distribuția Dirac**).

funcție indicială → **răspunsul indicial al unui sistem**

funcție pondere, pentru un sistem liniar continuu și variant, cu o intrare și o ieșire, aplicație definită de egalitatea

$$h(t, \tau) = c^T(t)\, \Phi(t, \tau) b(\tau), \quad \forall t, \tau$$

unde $\Phi(t,\tau)$ este → **funcția de tranziție a stării.** Răspunsul sistemului (asociat stării $x(t_0) = 0$) se scrie

$$y(t) = \int_{t_0}^{t} h(t, \tau)\, u(\tau)\, d\tau, \quad \forall t \geqslant t_0$$

Dacă sistemul este invariant atunci **f.p.** este definită de aplicația

$$h(t) = c^T e^{At} b, \quad t \in \mathbb{R}$$

răspunsul forțat al sistemului fiind

$$y(t) = \int_0^t h(t - \tau) u(\tau)\, d\tau, \quad \forall t \geqslant 0$$

Pentru sistemele liniare discrete și invariante, cu o intrare și o ieșire, f.p. va fi:

$$h(t) = c^T A^{t-1}\, b,\ 1 \leqslant t \in \mathbb{Z}$$

răspunsul sistemului asociat stării inițiale nule fiind

$$y(t) = \sum_{k=0}^{t} h(t-k)u(k), \quad \mathbb{Z} \ni t \geqslant 1$$

După cum se poate ușor constata, la un sistem liniar, continuu și invariant, dacă $u(t) = \delta(t)$ atunci

$$y(t) = h(t) = \mathcal{L}^{-1}[H(s)]$$

deci f.p. reprezintă răspunsul sistemului cu condiții inițiale nule, cînd mărimea de intrare este o →**funcție Dirac** de arie unitară, sau originalul funcției de transfer a sistemului.

generator de impulsuri, generator de semnal realizat cu circuite electrice oscilante sau circuite basculante astabile, care emite un semnal de ieşire sub formă de tren de impulsuri de formă dreptunghiulară, triunghiulară, trapezoidală, dinte de fierăstrău etc. **G. de i.** de amplitudine şi frecvenţă constante sînt folosite în schemele de comandă numerică (de ex., ca semnal purtător pentru modulare, pentru sincronizarea schemelor secvenţiale, ca generator de tact etc.). **G. de i.** pot fi realizate în variantele: cu oscilalare neîntreruptă, cu declanşare comandată. **G.de i.** dreptunghiulare pot funcţiona după două principii de bază: limitarea oscilaţiilor sinusoidale generate de oscilatoare *LC* sau *RC*, şi direct, cu ajutorul circuitelor basculante astabile. **G. de i.** pentru microprocesoare conţin oscilatoare comandate cu cristal de cuarţ, divizoare de frecvenţă realizate cu numărătoare programabile, circuite de amplificare şi o logică auxiliară ce depinde de tipul microprocesorului utilizat.

generator de semnale, dispozitiv destinat să furnizeze semnale electrice de amplitudini şi frecvenţe fixe sau variabile (în anumite game) şi de forme diferite. **G. de s.** se caracterizează prin stabilitate mare a semnalului de ieşire, posibilitate de acordare într-o gamă largă de frecvenţe, posibilitate de a furniza semnale modulate în amplitudine sau frecvenţă. O clasificare a **g. de s.** se poate face: a) după gama de frecvenţă: **g. de s.** *de joasă frecvenţă* (mai mică decît 30—50 kHz) şi **g.de s.** de *înaltă frecvenţă*(mai mare decît 30—50kHz); b) după forma semnalului generat: **g. de s.** *sinusoidal* (nemodulat, modulat în amplitudine, în frecvenţă sau în impulsuri); *generatoare de impulsuri* (dreptunghiulare, triunghiulare, în dinte de fierăstrău etc.) şi **g.s.** *aleatoare* (de tip zgomot alb). Componentele tipice utilizate pentru generarea sinusului şi a cosinusului unei variabile independente sînt: potenţiometri funcţionali, rezolvere, transformatoare cu cuplaj variabil. În cazul generării unor semnale complexe, care pot fi combinaţii ale semnalelor menţionate sau cu variaţii neliniare particulare, **g. de s.** se numesc generatoare de funcţii. Generarea funcţiilor neliniare se poate face cu amplificatoare operaţionale prevăzute cu reţele de reacţie adecvate. Generatoarele de funcţii neliniare uzuale se bazează pe aproximarea liniară pe porţiuni. Precizia unei astfel de aproximări este dată de numărul de segmente utilizate. Curba completă de variaţie a unui semnal se obţine prin însumarea segmentelor individuale, ale căror tensiuni de frîngere şi pante sînt determinate separat. Odată cu apariţia memoriilor semiconductoare integrate pe scară foarte largă (de capacitate pînă la ordinul megabiţilor), a devenit posibilă generarea oricăror tipuri de semnale neliniare, utilizînd automate numerice cu generarea noii stări, ce extrag din memorii de tip ROM valorile numerice corespunzătoare unui număr suficient de mare de puncte ce descriu curba de aproximat. **G. de s.** sînt larg utilizate în echipamente de automatizare şi telecomunicaţii, în aparatura electronică de măsură şi control. În sistemele automate **g. de s.** sînt utilizate la ajustarea parametrilor

regulatoarelor, la identificarea proceselor, în sistemele adaptive cu semnal de probă.

generator de semnale externe, sistem formal, introdus în analiza și sinteza sistemelor, care împreună cu sistemul analizat formează un sistem izolat de lumea exterioară. **G.de s.e.** este descris de ecuația

$$\dot{x}_2(t) = A_2 x_2(t)$$

cu $x_2 \in \mathbb{R}^l$ starea **g.de s.e.**; după cum se vede acest sistem este cu intrare identic nulă, mărimea $x_2(t)$ fiind determinată numai de condiția inițială $x_2(0)$. Starea $x_2(t)$ a **g.de s.e.** înmulțită la stînga cu matrici de dimensiuni corespunzătoare va reprezenta orice mărime externă sistemului analizat (referințe, perturbații). Prin alegerea corespunzătoare a matricii A_2, **g.de s.e.** va furniza o clasă anume de semnale externe, alegerea unui element din această clasă făcîndu-se prin alegerea condiției inițiale $x_2(0)$.

giroscop, dispozitiv utilizat în sistemele de conducere automată sau manuală a avioanelor, vapoarelor, navelor cosmice, în scopul determinării direcției de deplasare a acestora. În general **g.** cuprinde un disc de masă (inerție) relativ mare, susținut pe cadre inelare, care îi permit mișcări de rotație în mai multe planuri. Dacă rotorul este supus unei mișcări de rotație în jurul axei sale de simetrie, direcția pe care o ocupă acesta prezintă o mare stabilitate față de acțiunile externe. Pe baza acestei proprietăți **g.** combinînd efectele accelerațiilor proprii mișcărilor de translație și de rotație cu cea gravitațională permite să se obțină ceea ce se numește verticala reală (sau dinamică).

grad de statism natural, raportul $S_{0n} = \dfrac{n_0 - n_{min}}{P_{nom}}$ care caracterizează panta caracteristicii externe statice [turație — putere (fig. G.1) a unui grup turbogenerator.

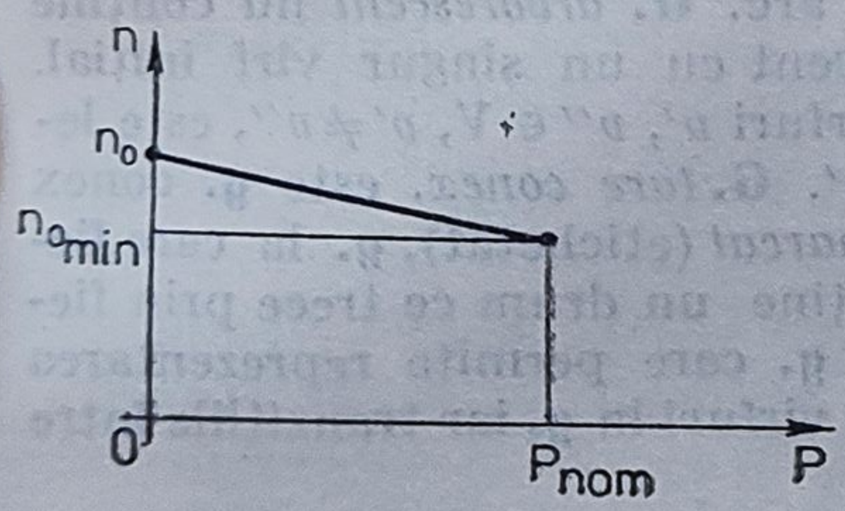


Fig. G.1. Caracteristica de evidențiere a statismului natural.

gradient, al unei funcții $f(x): \mathbb{R}^n \to \mathbb{R}$, $f(x) \in C$, vectorul derivatelor parțiale ale funcției f în raport cu componentele x_i: $i = \overline{1, n}$ ale vectorului x; notația uzuală a **g.** este $\nabla f(x)$ sau $f_x(x)$:

$$f_x(x) = \left[\frac{\partial f(x)}{\partial x_1} \; \frac{\partial f(x)}{\partial x_2} \cdots\cdots \frac{\partial f(x)}{\partial x_n} \right]^T$$

G. este util în metode de minimizare ale unei funcții $f(x)$ (metode de primă variație, metode de metrică variabilă).

gradul unei coloane (linii), dintr-o $(p \times m)$ — matrice polinomială $P(s)$ reprezintă gradul maxim al polinoamelor ce compun coloana (linia) respectivă. Pentru coloana (linia) $j(i)$, **g. unei c. (l.)** se notează cu

$$\partial_{cj}[P(s)] \; (\partial_{ri}[P(s)]).$$

gradul unui polinom, $p(s)$, puterea maximă a variabilei s care are coeficient nenul; dacă **g. unei p.** este n, relaţia uzuală este

$$\partial[p(s)] = n$$

graf, modalitate de caracterizare a unei relaţii de corespondenţă între două mulţimi de puncte prin elemente pereche. În sens restrîns (Berge) corespondenţa este a unei mulţimi numărabile cu ea însăşi. În sens general un **g.** $G = (V,A)$, unde V este o mulţime de puncte, iar $A: V \to P(v)$ este o aplicaţie. Mulţimea V reprezintă mulţimea vîrfurilor **g.** G (sau a nodurilor), iar dacă $v_2 \in A(v_1)$, perechea (v_1, v_2) este un arc în **g.** Dacă ordinea în care apar v_1 şi v_2 în pereche este impusă, **g.** se numeşte *orientat*. Dacă Card $V < \infty$ **g.** este finit, iar în caz contrar este infinit. În fig. G.2 este reprezentat un exemplu de **g.** finit orientat. Dacă V este mulţimea vîrfurilor şi U mulţimea arcelor atunci $G = (V, U, h)$ unde $h: U \to V \times V$ este o aplicaţie injectivă. În mod suplimentar se pot defini funcţiile $a: U \to V / a(v_1, v_2) = v_1$ şi $z: U \to V / z(v_1, v_2) = v_2$ funcţii ce definesc extremitatea iniţială v_1 şi cea finală v_2. O mulţime de arce $u_1, u_2, \ldots, u_n$ cu proprietatea $z(u_j) = a(u_{j+1})$ se numeşte drum de lungime n. Dacă toate arcele u_i, $i = 1, \ldots, n$ sînt distincte drumul se numeşte cale. Dacă $z(u_n) = a(u_1)$ calea se numeşte circuit sau ciclu. Lungimea căii celei mai scurte dintre două puncte ale unui **g.** reprezintă distanţa dintre acele puncte. **G.** *biconectat* este un **g.** cu proprietatea că orice pereche de vîrfuri face parte dintr-un ciclu. **G.** *complet* are proprietatea că fiecare vîrf este conectat cu toate celelalte vîrfuri prin cîte un arc. **G.** *arborescent* nu conţine circuite. **G.** *de tip* → **arbore** este un **g.** arborescent cu un singur vîrf iniţial. **G.** *conex* este **g.** pentru care orice pereche de vîrfuri $v', v'' \in V$, $v' \neq v''$, este legată de un drum de la v' la v'' sau de la v'' la v'. **G.** *tare conex.* este **g.** conex în care drumul există numai de la v' la v''. **G.** *marcat* (etichetat), **g.** la care fiecare vîrf are un nume distinct. **G.** *Eulerian* conţine un drum ce trece prin fiecare arc o singură dată. *G. unui automat* este **g.** care permite reprezentarea unui automat A prin aceea că stările lui A sînt vîrfuri în **g**, iar tranziţiile între stări sînt arce etichetate.

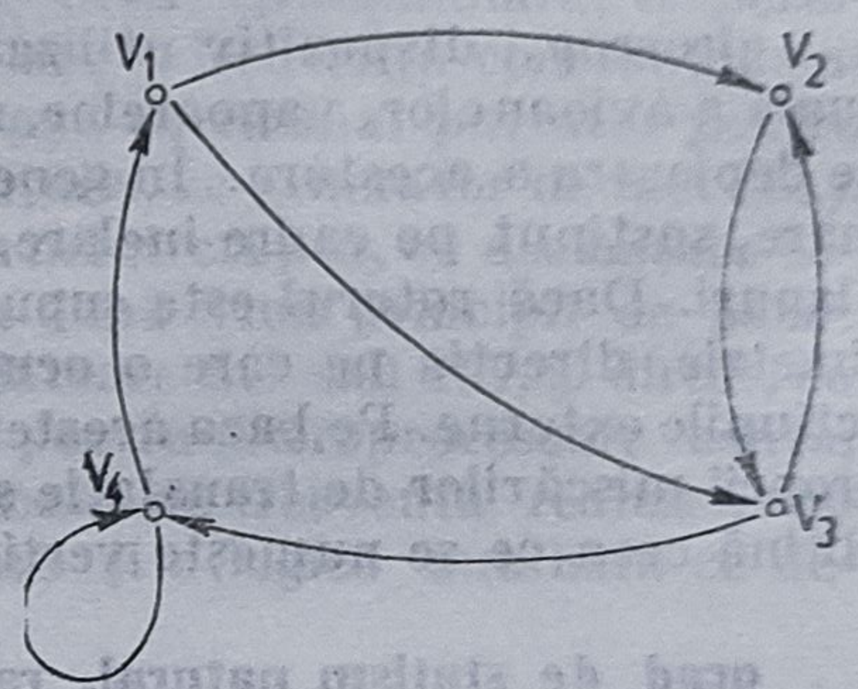


Fig. G.2. Graf finit orientat

grup generator-motor (Ward Leonard), ansamblu de maşini electrice de curent continuu, utilizat în reglarea automată a vitezei de rotaţie a motoarelor de curent continuu, independent de sarcină. Elementele de bază ale unui grup Ward Leonard sînt: motorul de curent continuu, generatorul de curent continuu cu excitaţie separată şi excitatoare care furnizează curentul de excitaţie atît pentru motor cît şi pentru generator (fig. G.3). Motorul de curent continuu de viteză reglabilă se alimentează direct de la generatorul de curent continuu cu excitaţie separată. Pentru antrenarea generatorului se utilizează de obicei un motor asincron trifazat, cuplat mecanic. Acelaşi motor asincron antrenează şi excitatoarea ce comandă înfăşurarea de excitaţie a generatorului. Excitatoarea poate fi de tip: amplificator rotativ (amplidină, rototrol), amplificator magnetic sau amplificatoare speciale. Ca element de măsură a vitezei motorului este utilizat un tahogenerator cuplat la arborele motorului. Grupul generator motor oferă avantajele reglării în game largi a vitezelor motoarelor ce furnizează

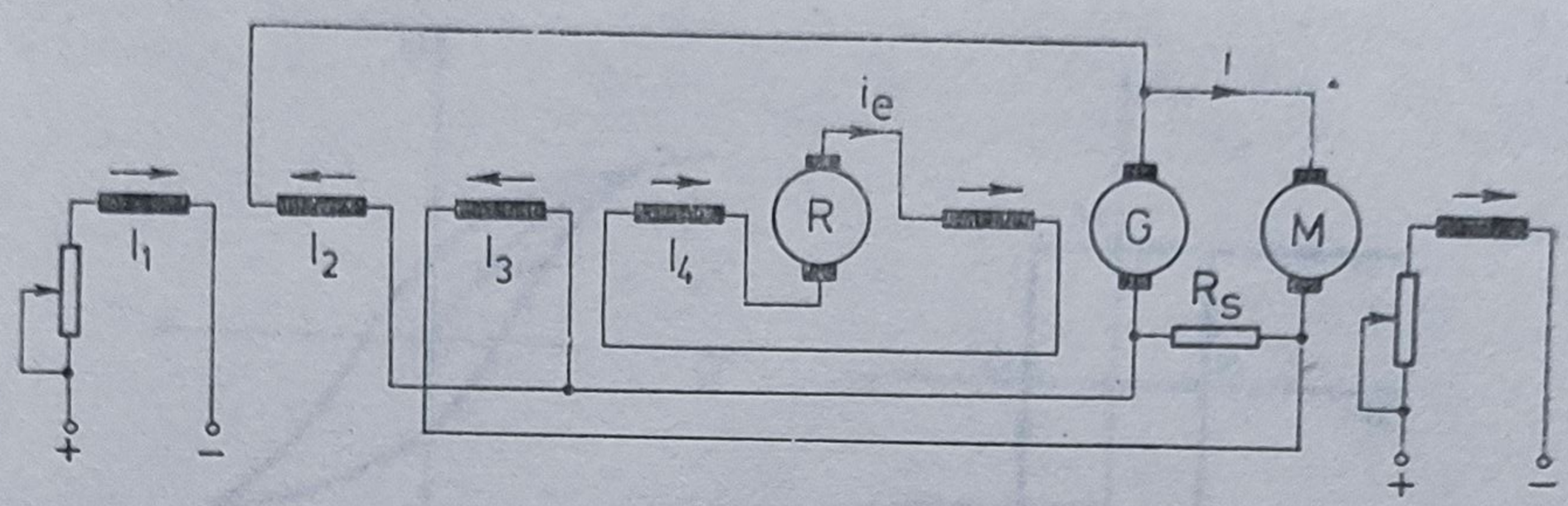


Fig. G.3. Sistem de reglare automată cu grup generator-motor: R — rotorul; G — generator de curent continuu; M — motor de curent continuu; I_1 — înfășurare de excitație pilot; I_2 — înfășurare de reacție negativă de tensiune; I_3 — înfășurare de reacție negativă de curent (comandată de i); I_4 — înfășurare de reacție pozitivă de curent (comandată de i_e).

totodată cupluri importante, sau a motoarelor ce trebuie să funcționeze cu viteză cvasiconstantă (troliuri de mînă, teleferice, laminoare, excavatoare, ș. a.).

H

hessian, matricea de tip $n \times n$, formată cu derivatele parțiale ale funcției $f:\mathbb{R}^n \to \mathbb{R}$, $f \in C^2$. Cu notația uzuală $H(x)$ sau $f_{xx}(x)$, **h.** se scrie:

$$f_{xx}(x) = \begin{bmatrix} \dfrac{\partial^2 f(x)}{\partial x_1^2} & \dfrac{\partial^2 f(x)}{\partial x_1 \partial x_2} & \cdots & \dfrac{\partial^2 f(x)}{\partial x_1 \partial x_n} \\ \dfrac{\partial^2 f(x)}{\partial x_2 \partial x_1} & \dfrac{\partial^2 f(x)}{\partial x_2^2} & \cdots & \dfrac{\partial^2 f(x)}{\partial x_2 \partial x_n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \dfrac{\partial^2 f(x)}{\partial x_n \partial x_1} & \dfrac{\partial^2 f(x)}{\partial x_n \partial x_2} & \cdots & \dfrac{\partial^2 f(x)}{\partial x_n^2} \end{bmatrix}$$

fiind util în metodele de minimizare de a doua variație.

hibrid, element sau sistem la a cărui realizare se folosesc atît componente analogice, cît și numerice. Un exemplu tipic îl constituie calculatoarele **h.** care, deși analogice în esență, utilizează elemente numerice pentru unele calcule, ca și pentru interfațarea (în vederea conectării în sisteme mai mari de simulare) cu calculatoare numerice.

hiperstabilitate → **sistem hiperstabil**

hipersuprafață de separare, element de calcul fundamental în problema recunoașterii formelor. Considerînd două forme distincte A, B caracterizate printr-un ansamblu de caractere $(x_1, x_2, \ldots, x_n)$, în spațiul n-dimensional al caracterelor poate fi definită o funcție $F(x_1, \ldots, x_n)$ funcție discriminantă de așa manieră încît $F(x) > 0$ pentru $x \in A$ și $F(x) < 0$ pentru $x \in B$. Mulțimea punctelor pentru care $F(x) = 0$ formează hipersuprafața de separare. Noțiunea permite o reprezentare intuitivă în spațiul tridimensional a algoritmilor utilizați în problema recunoașterii formelor. Un caz particular al **h de s.** este cazul în care funcția $F(x)$ este liniară, particularizînd astfel hiperplanul de separație. Datorită liniarității, construcția hiperplanului de separație este mult simplificată, iar problema instruirii pentru recunoașterea formelor se reduce la problema soluționării unui sistem de inecuații liniare.

histerezis, caracteristică statică neliniară a unui sistem la care mărimea de ieșire depinde de valoarea intrării dar și de sensul de variație al acesteia. Exemplu tipic de **h.** este dependența dintre B și H în cazul unui material magnetic, care își pune amprenta asupra dispozitivelor de automatizare realizate cu aceste materiale, pentru care se obțin caracteristici statice ca cele din fig. H.1.

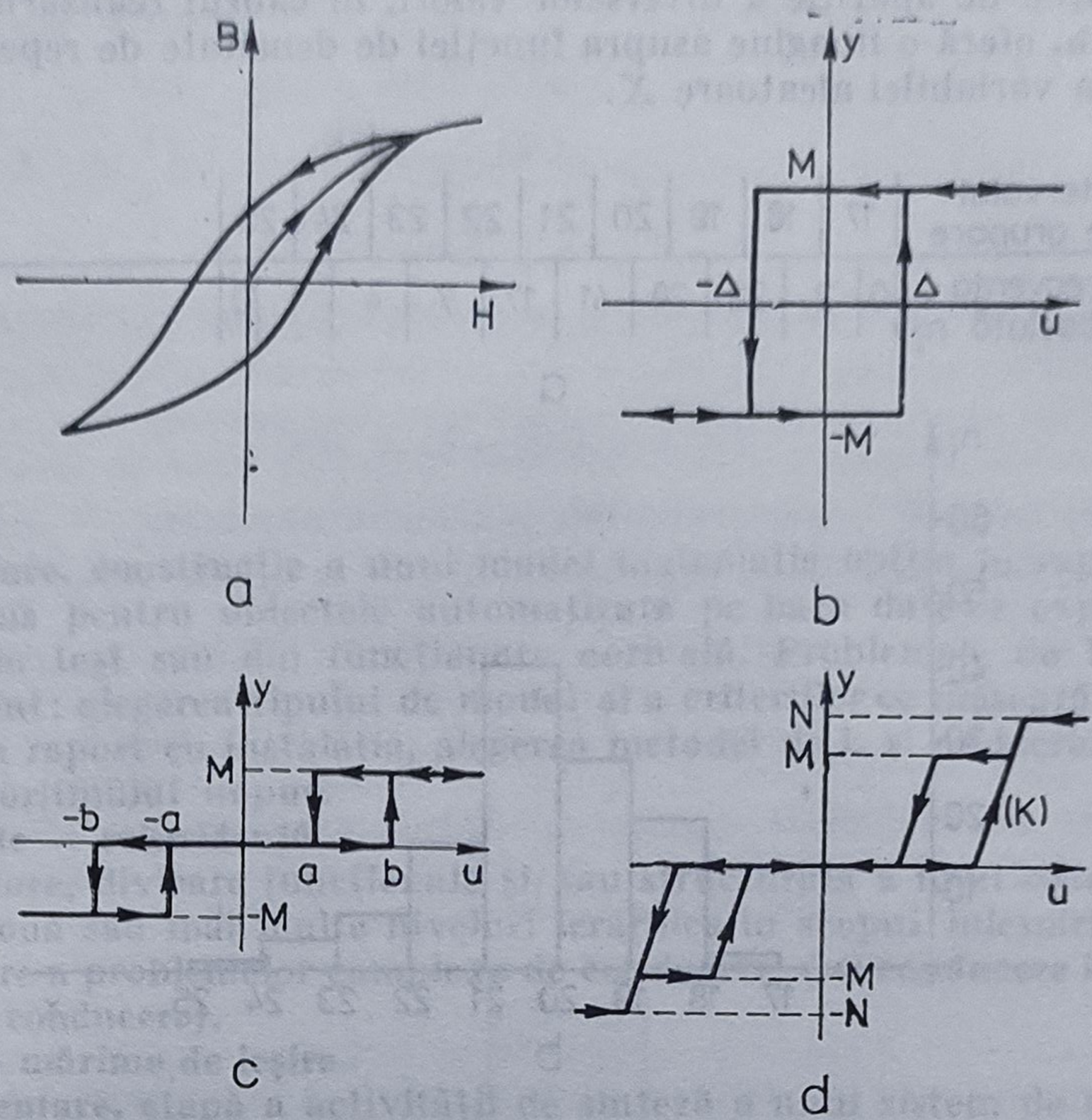


Fig. H.1. Exemplificări grafice ale caracteristicilor cu histerezis:

a — ciclu de magnetizare cu histerezis; *b* — caracteristică de tip releu ideal cu histerezis; *c* —caracreristică de tip releu cu zonă de insensibilitate şi histerezis; *d* — histerezis într-o caracteristică statică complexă.

histogramă, reprezentare grafică care grupează rezultatele obţinute dintr-o serie de măsurări sau valorile unei variabile aleatoare în scopul estimării pe baze experimentale a funcţiei densităţii de repartiţie de probabilitate. Presupunînd că se dispune de un număr de n valori ($n > 20$) pentru care trebuie construită **h.**, se stabileşte mai întîi intervalul Δ de grupare cu relaţia lui Sturges

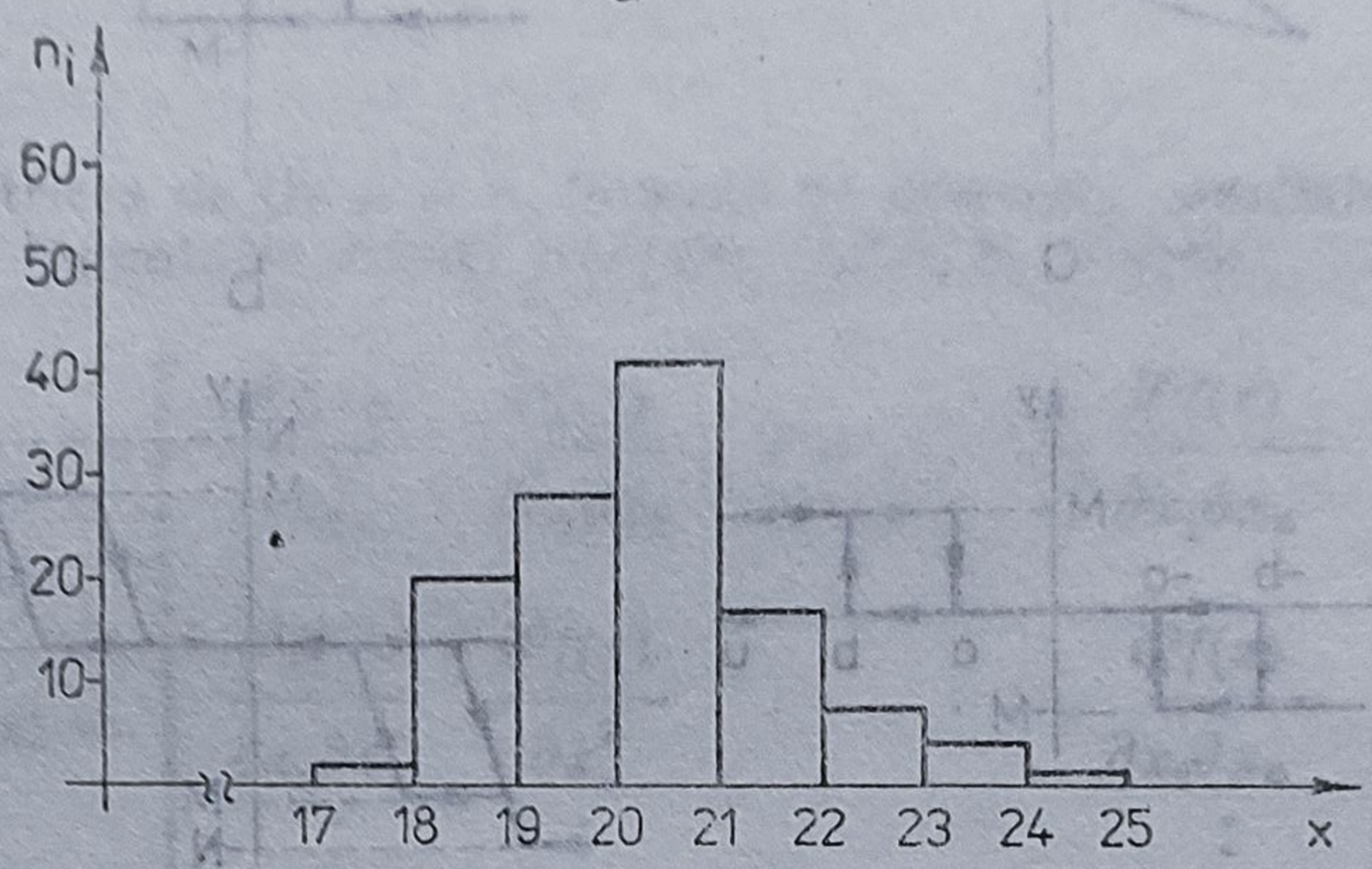
$$\Delta = \frac{X_{max} - X_{min}}{1 + 3{,}32 \ \lg n}$$

unde X_{max} şi X_{min} sînt valorile extreme ale şirului. Se numără apoi valorile care corespund fiecăruia din intervalele $X_{min} + i\Delta$, $i = 0,1,\ldots n-1$. Numerele n_i obţinute reprezintă frecvenţele de apariţie a valorilor aleatoare corespunzătoare intervalului respectiv. **H.** constă în reprezentarea grafică, luînd în ordonată frecvenţele n_i şi în abscisă intervalele de grupare ale variabilelor aleatoare. Considerînd realizările unei variabile aleatoare (grupate conform celor menţionate), cele din tabelul prezentat în fig. H. 2 *a*, **h.** corespunzătoare tabelului este reprezentată în fig. H. 2, *b*. În cazul în care frecvenţele absolute sînt prea mari se trece la frecvenţe relative $f_i = n_i/n$. Dacă intervalele de grupare sînt mici şi numeroase se poate obţine o curbă continuă, unind mijloacele palierelor superioare ale dreptunghiurilor **h.** Admiţînd că frecvenţele relative reprezintă

probabilitățile de apariție a diverselor valori, în cadrul realizării considerate rezultă că **h.** oferă o imagine asupra funcției de densitate de repartiție de probabilitate a variabilei aleatoare X.

Intervalul de grupare	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Frecvența absolută n_i	0	2	20	28	41	17	7	4	1	0

a



b

Fig. H.2. Exemplu de histogramă.

hodograf → caracteristică modul-fază

homeostat, sistem cibernetic cu organizare automată, propus de Ashby, ce constă dintr-un complex de elemente (magneți) care se rotesc într-un cîmp magnetic dirijat de mărimi de execuție (curenți ce parcurg bobine cu număr diferit de spire) ale unui formator. Funcția obiectiv a **h.** este ca, plecînd dintr-o stare inițială de echilibru, acesta să acționeze la mărimile de intrare (perturbații sau mărimi de comandă), astfel ca după o serie de pași de căutare (aleatoare) să ajungă într-o nouă stare de echilibru.

homomorfism de automate, relație de legătură între două automate $A = (U, X, Y, \varphi, \eta)$ și $A' = (U', X', Y', \varphi', \eta')$ prin aplicația $h: A \to A'$, cu proprietățile $h: X \cup U \to X' \cup U'$ cu $h(X) \subseteq X'$ și $h(U) \subseteq U'$ astfel încît:

$$\eta'(h(x), h(u)) = h(\eta(x, u)), \quad x \in X, \ u \in U$$

În altă formulare, h poate fi considerată o pereche de aplicații (h_1, h_2), $h_1: U \to U'$, $h_2: X \to X'$, astfel încît

$$\eta'(h_2(x), h_1(u)) = h_2(\eta(u, x)).$$

identificare, construcţie a unui model matematic optim în raport de un criteriu impus pentru obiectele automatizate pe baza datelor experimentale obţinute prin test sau din funcţionare normală. Problemele de bază ale **i.** proceselor sînt: alegerea tipului de model şi a criteriilor ce măsoară adecvanţa modelului în raport cu instalaţia, alegerea metodei de **i.** şi prelucrarea datelor conform algoritmului impus.

identitate → coincidenţă

ierarhizare, divizare funcţională şi/ sau structurală a unui sistem de conducere în două sau mai multe niveluri ierarhice în scopul înlesnirii modului de soluţionare a problemelor complexe de conducere (→ **conducere ierarhizată,** →**sistem de conducere**).

ieşire → mărime de ieşire

implementare, etapă a activităţii de sinteză a unui sistem de reglare sau de conducere a procesului care constă din construirea şi realizarea modelului fizic al sistemului, prin calculul şi alegerea elementelor funcţionale, a circuitelor şi structurilor de calcul, cît şi prin alcătuirea sistemelor de programe care asigură materializarea algoritmilor şi a strategiilor de comandă.

implicant, produs definit cu variabilele de care depinde o funcţie logică f, avînd valoarea logică „1" pentru combinaţii de valori ale funcţiei la care corespund valori logice „1" ale funcţiei f. **I.** prim al unei funcţii este acel **i.** care încetează să mai fie **i.** al lui f dacă din el se înlătură cel puţin o variabilă. Un **i.** prim este esenţial dacă mintermenul definit de combinaţia corespunzătoare aparţine unei funcţii la care toţi ceilalţi **i.** primi sînt zero.

implicaţie, funcţie booleeană de două variabile notată, de regulă, cu simbolul $\Rightarrow$ şi care se exprimă prin $x \Rightarrow y = \bar{x} \cup y$, respectiv $y \Rightarrow x = \bar{y} \cup x$.

imprimantă, periferic general utilizat la tipărirea pe hîrtie a informaţiilor (→ **periferice generale**). Spre deosebire de console, **i.** nu dispune de tastatură, în schimb funcţionează cu viteze considerabil mai mari (100—1200 linii/min., fiecare linie conţinînd 132 caractere).

impuls de sincronizare, semnal sub formă de tren de impulsuri de frecvenţă fixă, provenit de la un oscilator stabil, sau variabilă, obţinut prin prelucrări logice şi/sau aritmetice într-un sistem numeric, utilizat pentru validarea datelor la momente de timp predeterminate sau asociate unor etape de calcul, cît şi pentru coordonarea în timp a activităţilor mai multor blocuri funcţionale din acel sistem. În general, pentru a fi recunoscute, datele din sistem trebuie să aibă cel puţin o durată egală cu aceea a **i. de s.** În automate secvenţiale, **i. de s.** a intrărilor şi a ieşirilor asigură eliminarea, respectiv, a hazardului de tranziţie (a curselor critice) şi de ieşire.

increment, variaţie elementară asociată unei mărimi numerice sau unei mărimi măsurate din proces, supuse discretizării. Contoarele de paşi utilizează **i.** egale cu 1. Pentru măsurarea incrementală a poziţiei se asociază domeniului

maxim de deplasare D_{max} un număr N de impulsuri fiecare impuls furnizat de traductor corespunzînd unui i. de poziţie Δx:

$$N = \frac{D_{max}}{\Delta x}$$

Indicaţia asupra deplasării reale $D(k)$ se obţine însumînd impulsurile provenite de la traductor:

$$D(k) = D(k-1) + \Delta x$$

indice de calitate → **performanţele sistemelor automate**

indice de controlabilitate, cel mai mic întreg μ pentru care

$$\text{rang } R_{\mu+i} = \text{rang } R_{\mu}, \quad i \geqslant 1$$

unde $$R_k = [B \;\; AB \;\; A^2B \ldots A^{k-1}B], \quad k \geqslant 1$$

indice de observabilitate, cel mai mic întreg ν pentru care

$$\text{rang } Q_{\nu+i} = \text{rang } Q_{\nu}, \quad i \geqslant 1$$

unde

$$Q_k = \begin{bmatrix} C \\ CA \\ \vdots \\ CA^{k-1} \end{bmatrix}, \quad k \geqslant 1$$

indice de oscilaţie (al unui sistem), raportul dintre $H_{max} = |H(j\omega_{rez})|$ şi $H(0)$ ce condiţionează → **amortizarea** oscilaţiilor sistemului (fig. I.1). **I. de o.** este, direct sau indirect, o performanţă impusă în sinteza clasică a → **sistemelor automate** liniare, caz în care el se defineşte ca fiind $H_{0max}/H_0(0)$. Pentru sistemele automate astatice **i. de o.** este egal chiar cu valoarea $H_{0max}(H_0(0) = 1)$.

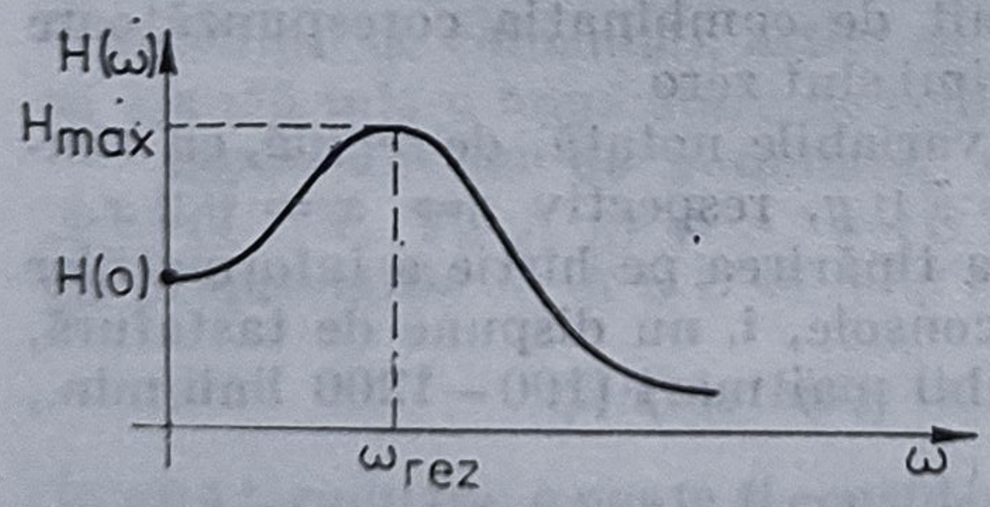


Fig. I.1. Evidenţierea indicelui de oscilaţie pe caracteristica $H(\omega)$.

indice Poincaré, număr ataşat unui punct din planul de stare, ce permite ideutificarea → **punctelor singulare** şi a naturii acestora. **I. P.** se calculează cn relaţia:

$$I_p = \frac{1}{2\pi} \oint_C \mathrm{d}\,(\text{arctg } S)$$

unde C este un contur ce înconjoară punctul analizat, iar $S = \dfrac{\mathrm{d}x_2}{\mathrm{d}x_1}$ este

panta traiectoriei de stare, rezultînd:

$$I_p = \begin{cases} 0 & \text{punct nesingular} \\ 1 & \text{punct singular de tip centru, nod, focar} \\ -1 & \text{punct singular de tip „șa”} \end{cases}$$

inductosyn, traductor pentru măsurarea deplasărilor liniare sau unghiulare utilizat îndeosebi în sistemele de poziționare a mașinilor unelte (reglarea poziției). I. se caracterizează printr-o rezoluție foarte ridicată care poate ajunge pînă la 1...3μm. I. este denumit uneori și rezolver liniar, respectiv, rotativ.

informație, măsură a gradului de incertitudine ce se înlătură prin realizarea unui eveniment dintr-un cîmp de evenimente posibile și care depinde de probabilitatea de realizare a acelui eveniment. Dacă se consideră un cîmp de evenimente realizate $x_i (i = 1,...,m)$ cu probabilitățile de realizare $p_i (i = 1,...,m)$ și y_j $(j = 1, ..., n)$ un cîmp de evenimente observate, atunci $i(x_i) = -\lambda \lg p_i$ reprezintă **i,** proprie asociată cu evenimentul x_i, iar $i(x_i, y_j) = \lambda \lg p(x_i/y_j)/p(x_i)$ reprezintă **i.** mutuală asociată cu x_i și y_j, obținută prin realizarea evenimentului x_i și observarea lui y_j. În ambele cazuri λ este o constantă pozitivă ce depinde de baza logaritmului (→ **unitate de informație).**

inhibiție, funcție logică de două variabile numită și funcție intersecție indirectă, avînd expresia booleeană $f = x\bar{y}$ (dacă y inhibă x), sau $f = \bar{x}y$ (dacă x inhibă y).

inițializare, acțiune constînd în atribuirea unei stări cunoscute, de referință, unui sistem de calcul sau unor blocuri componente ale acestuia, de obicei la timpul zero de funcționare, sau în atribuirea unor valori numerice cunoscute unor variabile și indici de contor ce intervin în organigrame, algoritmi, programe de calcul logic sau aritmetic, de obicei la prima trecere. În sistemele anlogice, **i.** constă, de ex., în încărcarea condensatoarelor din reacția amplificatoarelor operaționale — integratoare pînă la o tensiune predeterminată; în sistemele numerice **i.** constă în forțarea adresei zero a memoriei program asociate unității centrale, în înscrierea sau ștergerea elementelor cu memorie (bistabili, registre, numărătoare), sau în forțarea unor moduri tipice de operare a porturilor și perifericelor programabile.

insensibilitate, termen ce semnifică faptul că mărimea de ieșire a sistemului nu se modifică la o variație a mărimii de intrare; gama de variație a mărimii de intrare pentru care mărimea de ieșire nu variază se numește zonă de **i.** Față de regimul staționar, **i.** corespunde unei caracteristici statice ca în fig. I.2, în care cu linie punctată s-a figurat caracteristica ideală lipsită de **i.**

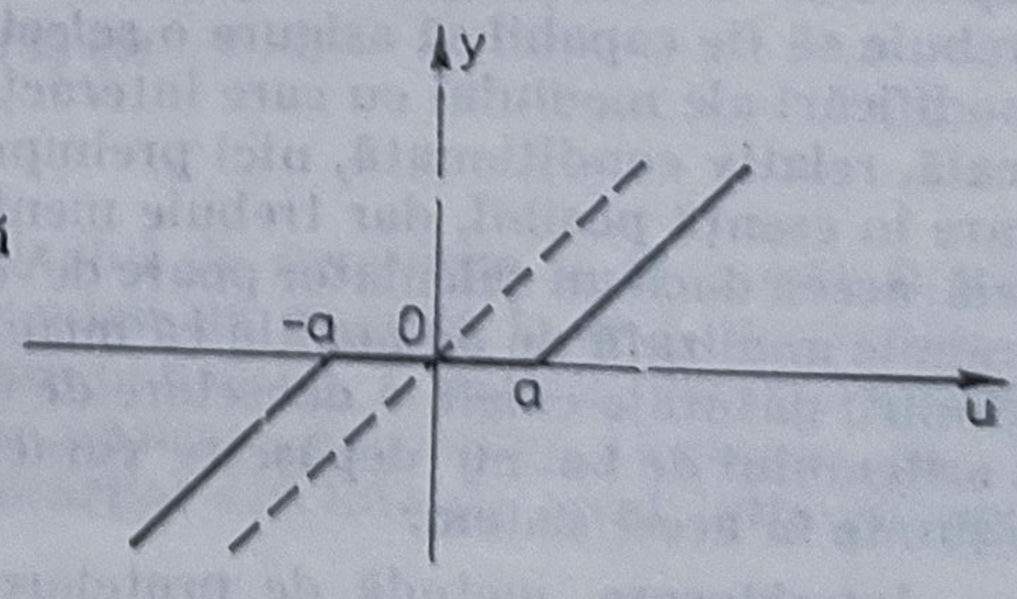


Fig. I.2. Caracteristică statică cu zonă de insensibilitate.

instabilitate → stabilitate

instabilitate structurală, termen ce desemnează faptul că un sistem este intern instabil și în cazul în care parametrii sistemului au o variație infinit mică,

adică A are și valori proprii instabile, deci există:

$$\sigma(A + \varepsilon A) \ni \lambda_i \in \mathring{\mathbb{C}}^+ = \{s \mid \operatorname{Re} s \geqslant 0\}$$

cu ε un infinit mic. Proprietatea de **i.s.** a sistemului nu aduce particularități deosebite în problemele de sinteză a sistemelor automate.

instalație automatizată, sistem ce corespunde instalației tehnologice supusă conducerii automate. Scopul acestei conduceri este de a asigura o variație dorită a mărimii de ieșire din **i.a.** (mărimea de calitate z) prin modificarea adecvată a mărimii de intrare (mărimea de execuție w) în condițiile în care asupra **i.a.** acționează și mărimi ce nu pot fi controlate (perturbația p). **I.a.** împreună cu subsistemul de execuție și subsistemul traductor formează un sistem cu funcționalitate determinată, numit în mod uzual→ **partea fixată** a sistemului automat.

integrator, element cu comportare liniară al unui sistem dinamic, avînd funcția de transfer $1/s$ (pol în origine). **I.** realizează dependența intrare (x_1) — ieșire (x_2) de forma:

$$x_2(t) = \int x_1(t)\,\mathrm{d}t + C$$

inteligență artificială, domeniu de cercetare ce își propune să creeze sisteme capabile de a îndeplini activități inteligente. Aceste activități pot fi concepute: a) ca scop în sine, situație în care nu contează tehnica de realizare, ci numai rezultatul, și se bazează pe valorificarea facilităților de viteză de calcul și capacitate de memorare ale calculatoarelor, pentru îndeplinirea eficientă a unor activități laborioase (de ex., traduceri dintr-un limbaj natural în alt limbaj natural, bazate pe algoritmi de căutare în fișiere); b) prin similitudine cu mecanismele inteligenței, încercînd să modeleze asociații specifice creierului uman: demonstrarea teoremelor, elaborarea deciziilor , asimilarea. Rezolvarea unor probleme de tipul b) implică pe de o parte găsirea unei forme adecvate de formulare a problemei, cît mai apropiată de limbajul natural, pe de alta, găsirea soluției optime prin algoritmi puternic convergenți de maximă eficiență. Problemele destinate implementării unor astfel de algoritmi sînt de natură euristică, în sensul că la rezolvarea unei probleme nu se iau în considerare pe rînd toate soluțiile posibile, ci se apelează la selecții prealabile, bazate pe alte considerente decît verificarea efectivă a soluțiilor. În cadrul unui program euristic apar elemente de învățare (de ex., includerea unor teoreme demonstate pe parcurs pe lista teoremelor de folosit) și elemente de ierarhizare (destinate optimizării raportului eficiență/ grad de generalitate). În cazul ideal un program euristic trebuie să fie capabil să asigure o selecție activă în condițiile unor permanente modificări ale mediului cu care interacționează sistemul cu **i.a.**, adică o alegere reală, relativ condiționată, nici preimpusă, dar nici absolut liberă. Acest lucru pare în esență posibil, dar trebuie menționat că problema filozofică fundamentală, aceea dacă un calculator poate deveni tot atît sau mai inteligent decît omul, trebuie analizată de pe poziția că între euristica programelor de **i.a.** și euristica gîndirii naturale există o deosebire de esență, iar orice creștere în complexitate a sistemului de **i.a.** nu depășește caracterul formal-mecanic al proceselor desfășurate în acest sistem.

interblocare, metodă de protejare a unei instalații supuse automatizării împotriva avariilor, care constă în condiționarea emiterii unor comenzi către proces de respectarea unor parametri de regim prescrișii (de ex., temperatură, presiune, debit), de cuplarea într-o ordine prestabilită a unor dispozitive, de

atingerea unor poziții limită etc. I. asigură și protecția impotriva comenzilor contradictorii sau eronate emise de operator.

interfață → sistem de interfață

interpolare, procedură de evaluare a valorilor unei funcții $f(x)$ cunoscută printr-un set de valori x_i într-un interval dat, prin aproximarea cu o funcție $\tilde{f}(x)$ definită analitic pe intervale prestabilite, astfel încît eroarea de aproximare să se încadreze în limite date. I. este o procedură uzuală de evaluare off-line în cazul măsurărilor indirecte și se realizează de regulă cu ajutorul unui calculator universal, pe baza unor formule de aproximare: Newton, Stirling, Bessel etc. I. se utilizează, de asemenea, frecvent în comanda numerică a mașinilor unelte pentru asigurarea conturării. De regulă, i. pe mașini-unelte se realizează în două faze, o fază externă, care permite calculul unor puncte principale de reper, și o fază internă, în care se furnizează comenzile necesare acționării elementelor de execuție (→ **interpolare internă**).

interpolare internă, mod de furnizare în timp real a comenzilor de deplasări în prelucrări de conturare a mașinilor unelte cu comandă program, finalizate prin realizarea unor segmente de curbă simple: segmente de dreaptă, arce de cerc, arce de parabolă, între puncte furnizate prin programul-piesă numite puncte principale de reper (sau puncte nodale). Alegerea punctelor principale de reper se face în faza externă cu respectarea condițiilor de precizie în aproximarea curbei date. I.i. poate fi realizată analogic sau numeric, ultima variantă oferind avantaje evidente privind precizia de execuție, facilitățile de implementare și posibilitățile de lucru în timp real. Realizarea unei dependențe funcționale $y = f(x)$ se face prin generarea unor deplasări pe fiecare axă $y = u(t)$, $x = v(t)$ astfel încît prin eliminarea parametrului timp să se obțină traiectoria dorită. Există mai multe metode de i.i., dintre care cele mai uzuale sînt realizate pe principiul analizorului diferențial numeric, cu calculul direct al funcției, cu căutarea pasului, cu calculul tangentei. Funcțiile de interpolare pot fi realizate de un echipament specializat sau cu ajutorul unui calculator de proces.

interpolator, dispozitiv specializat care realizează funcția de interpolare, prevăzut cu funcții de calcul și cu o bază de timp proprie ce permite sincronizarea în timpul procesului de interpolare.

interval de încredere, domeniu în cadrul căruia se pot situa valorile unei variabile aleatoare cu o probabilitate dată. Probabilitatea aceasta se numește *nivel de încredere*, iar valorile extreme *limite de încredere*. I. de i. pentru nivelul de încredere specificat se poate estima pe baza funcției de densitate a repartiției de probabilitate a variabilei aleatoare conform relației:

$$\eta = \int_{x_1}^{x_2} p(x)\,\mathrm{d}x$$

în care $[x_1, x_2]$ reprezintă i. de i., η nivelul de încredere și $p(x)$ este funcția de densitate de repartiție. Reciproc, pentru un anumit i. de i. prestabilit se poate determina nivelul de încredere corespunzător. I. de i. își găsește utilizări multiple în cadrul metodelor statistice aplicate mărimilor aleatoare, de ex., la aprecierea preciziei rezultatelor măsurărilor afectate de erori întîmplătoare.

intrare → mărime de intrare

invarianți Kronecker coloană (linie), numere $d_i \overset{\Delta}{=} \partial_{c_i}[\bar{P}(s)]$, $i = \overline{1, m}$ ($\bar{d}_j = \partial_{r_j}[\bar{P}(s)]$, $j = \overline{1, p}$) ordonate crescător, în cazul unei matrici coloană (linie)

proprie $\bar{P}(s)$ de tip $(p \times m)$. Două matrici de → **rang** maximal coloană (linie) → **unimodular echivalente** la dreapta (stînga) au aceiaşi **i.K.c.**

inversor, 1.i. analogic, dispozitiv care schimbă polaritatea sau sensul de variaţie al semnalului aplicat la intrare. **2.i. logic,** circuit lucrînd în cod binar, care realizează funcţia logică de negare asupra semnalului de intrare.

invertor, dispozitiv care transformă energia electrică de curent continuu în energie electrică de curent alternativ de o anumită frecvenţă, formă de undă şi amplitudine, fără a apela la vreo altă energie intermediară. **I.** îndeplinesc o funcţie inversă faţă de redresoare. **I.** se realizează prin comanda intermitentă a unor dispozitive electronice cu caracteristică neliniară: tranzistoare, tiristoare. După forma tensiunii de ieşire, **i.** sînt de tipul: a) cu tensiune de ieşire dreptunghiulară (realizate cu transformator şi control *RC* pentru tranzistoare), folosite pentru alimentarea sarcinilor la care prezenţa armonicelor nu este critică; b) cu tensiune de ieşire sintetică, cu aproximarea tensiunii sinusoidale de ieşire prin trepte şi c) cu tensiune de ieşire rinusoidală, la care sarcina şi circuitul de stingere pot fi aduse aproape de sezonanţă pe frecvenţa de lucru a **i.**

iteraţie (aproximare succesivă), etapă de realizare a unui algoritm bazată pe relaţii (calcule) repetitive. Se utilizează la soluţionarea ecuaţiilor sau sistemelor de ecuaţii în care pe baza valorilor obţinute la pasul n (aproximarea a n-a) se calculează valorile la pasul următor (aproximarea a $(n+1)-a$, $n \geqslant 0$). De ex., pentru soluţionarea ecuaţiei

$$\overline{f(x)} = 0$$

se scrie $\bar{f}(x) = f(x) - x$ adică

$$x = f(x)$$

care se pretează metodei iterative de calcul după schema: se alege un x_0 cu care se calculează

$$x_1 = f(x_0)$$

şi în continuare

$$x_{n+1} = f(x_n), \quad n \geqslant 0$$

I. se numeşte convergentă dacă $\lim\limits_{n\to\infty} x_{n+1} = \bar{x}$ există, caz în care $\bar{x}$ reprezintă soluţia ecuaţiei iniţiale. Condiţia de oprire a **i.** se formulează astfel:

$$|x_{n+1} - f(x_n)| < \varepsilon$$

cu ε fixat de precizia de calcul. **I.** poate fi utilizată şi în cazul ecuaţiilor integro-diferenţiale: de ex., calculul matricii de tranziţie a stării la un → **sistem dinamic** liniar şi variant, $\Phi(t, t_0)$ revine la a soluţiona ecuaţia:

$$\frac{d\Phi(t, t_0)}{dt} = A(t)\Phi(t, t_0)$$

adică

$$\Phi(t, t_0) = I + \int_{t_0}^{t} A(\tau)\Phi(\tau, t_0)\, d\tau$$

care se pretează calculului prin i. conform relațiilor:

$$\Phi_{k+1}(t, t_0) = I + \int_{t_0}^{t} A(\tau)\Phi_k(\tau, t_0)\mathrm{d}\tau, \quad k \geqslant 0$$

$$\Phi_0(t, t_0) \overset{\Delta}{=} I$$

Se obține

$$\Phi(t, t_0) = \lim_{k \to \infty} \Phi_{k+1}(t, t_0)$$

care reprezintă suma seriei Peano-Baker

$$\Phi(t, t_0) = I + \int_{t_0}^{t} A(\tau)\mathrm{d}\tau + \int_{t_0}^{t} A(\tau) \int_{t_0}^{\tau} A(\tau_1)\,\mathrm{d}\tau_1\,\mathrm{d}\tau +$$

$$+ \int_{t_0}^{t} A(\tau) \int_{t_0}^{\tau} A(\tau_1) \int_{t_0}^{\tau_1} A(\tau_2)\mathrm{d}\tau_2\mathrm{d}\tau_1\mathrm{d}\tau + \ldots$$

izomorfism de sisteme (realizări) → echivalența algebrică a sistemelor liniare

încărcător, nume dat programelor ce permit înscrierea memoriei principale cu date provenind de la un periferic. În acest sens există **î.** de bandă perforată, **î.** de casetă etc. În sistemele mai complexe **î.** sînt utilități oferite prin sistemul de operare.

înregistrator, aparat folosit pentru trasarea automată, sub formă de curbe continue sau discret prin puncte, a graficelor de variație în timp ale uneia sau mai multor mărimi măsurate. În unele cazuri **î.** permite trasarea grafică a variației uneia sau mai multor mărimi în raport de altele asociate lor, evidențiind relațiile de dependență dintre ele. La intrarea **î.** se aplică, de regulă, semnale electrice (tensiuni sau curenți) proporționale cu mărimile ale căror variații trebuie înregistrate. În principiu un **î.** cuprinde un instrument electric de măsurat care acționează dispozitivul de înregistrat constînd dintr-o peniță, un spot luminos sau un generator de cîmp magnetic ce imprimă pe un suport corespunzător variațiile semnalului aplicat. **Î.** uzuale folosesc înregistrarea cu cerneală pe bandă de hîrtie pe care se află o scară gradată. Dacă înregistrarea urmărește redarea variațiilor în timp banda se deplasează cu o viteză uniformă, fiind antrenată de un motor electric. Există o mare varietate de aparate înregistratoare, ele putînd fi grupate după criterii foarte variate: a) după natura suportului de înregistrare: cu cerneală pe hîrtie obișnuită, optic pe hîrtie fotosensibilă, termic pe hîrtie termosensibilă, prin arc electric pe hîrtie metalizată, pe bandă magnetică; b) după viteza de variație a mărimii înregistrate: lente, pentru mărimi cu banda pînă la 0,1...1 Hz, de viteză medie pînă la 1 000...2 000 Hz și rapide mergînd pînă la frecvențe de 20 kHz; cele lente sînt în general aparate de supraveghere, folosite cu precădere în aplicații industriale, celelalte sînt utilizate pentru înregistrări de scurtă durată în aplicații de laborator. Pentru supravegherea proceselor industriale se folosesc **î.** funcționînd pe principiul compensării automate, care permit obținerea unei precizii ridicate, eroarea tolerată fiind sub 0,5%. Ele sînt prevăzute cu funcții auxiliare de generare a unor semnale unificate proporționale cu mărimea de măsurat sau cu eroarea față de o referință fixată și care sînt transmise regulatoarelor automate sau sistemelor de conducere. De asemenea, ele pot fi echipate cu dispozitive de sesizare și avertizare a depășirii anumitor limite de către mărimile înregistrate.

întreruptor automat, aparat care servește pentru conectarea sau deconectarea circuitelor electrice de forță. Denumirea de automat provine din faptul că acționarea sa se poate face prin comenzi automate (de ex., de la instalațiile de protecție sau de la dispozitive de automatizare a anclașării și declanșării). Dispozitivele de acționare a **î.a.** pot fi electromecanice sau pneumatice, cerința principală fiind aceea de a efectua operațiile de comutare în intervale de timp foarte reduse (fracțiuni de secundă). Deoarece ele trebuie să poată întrerupe curenți foarte mari în regim de avarie (scurt-

circuit), **î.a.** sînt prevăzute cu camere de stingere a arcului. **Î.a.** după natura curentului sînt de curent continuu sau de curent alternativ. Acestea din urmă se împart la rîndul lor în **î.a.** de joasă tensiune, folosite în general pentru motoarele electrice, și de înaltă tensiune, utilizate în instalațiile energetice.

jet, vînă de fluid la trecerea printr-un orificiu. La un **j.**, de-a lungul curentului, pe conturul secțiunii transversale, acesta este în contact tot timpul cu un alt fluid. Unele din principiile noi de funcționare a elementelor de comandă pneumatice, fără piese mobile sînt: interacțiunea aerodinamică a **j.**; interacțiunea dintre un **j.** de aer și un profil aerodinamic; impactul **j.**; inducția **j.** Elementele hidraulice cu **j.** libere sînt elemente fluidice la care un **j.** de forță (laminar și stabil) este deviat de un **j.** de comandă, deflector.

joc, model matematic abstract al unei situații conflictuale între doi sau mai mulți parteneri. Prin conflict se înțelege orice situație în care apare o ciocnire de interese a participanților, ce urmăresc țeluri diferite. Specific pentru situația de conflict este faptul că nici un partener nu controlează situația în întregime și poate să influențeze doar parțial rezultatul, deoarece la un moment dat nu cunoaște comportarea ulterioară a adversarului său. Disciplina matematică ce stabilește legitățile situațiilor conflictuale se numește *teoria jocurilor*. În teoria sistemelor **j.** reprezintă o metodă specifică de abordare a problemei de conducere, considerată ca o situație conflictuală dintre clasa de mărimi ce urmăresc realizarea unui obiectiv dorit (scop) pentru sistemul condus și cele ce se opun îndeplinirii acestui deziderat.

joc diferențial (în teoria sistemelor), caz particular al unei situații conflictuale (→ **joc**) ce apare în problema de conducere a sistemelor descrise prin ecuații diferențiale ordinare (→ **sisteme dinamice** liniare). Un exemplu tipic de **j.d.** este problema de urmărire (atingere) a unui corp (țintă) de către altul: „urmăritorul" dorește ca atingerea țintei să se facă cît mai rapid, pe cînd urmăritul acționează pentru evitarea sau amînarea acestui lucru.

joc în angrenaj, neliniaritate statică specifică angrenajelor mecanice cu roți dintate.

lege de comandă, funcţia $u = k(x,v)$ în care $x \in \mathbb{R}^n$ este starea, $u \in \mathbb{R}^m$ mărimea de comandă şi $v \in \mathbb{R}^m$ este noua mărime de intrare; **l. de c.** este liniară dacă funcţia k este liniară în x şi v, deci:

$$u = Fx + Gv$$

în care Fx reprezintă legea de reacţie după stare. În teoria clasică a sistemelor automate prin **l. de c.** se înţelege şi funcţionalitatea → **regulatorului automat.**

limbaj, instrument de exprimare şi transmitere a informaţiei între elementele componente ale unui sistem de conducere, incluzînd operatorul de proces şi procesul condus. **L.** este compus din simbolurile de reprezentare a informaţiei, setul de reguli de combinare a acestora (*sintaxa* **l.**), precum şi din setul de reguli de stabilire a înţelesului combinaţiilor de simboluri (*semantica* **l.**). În conducerea proceselor industriale noţiunea de **l.** este utilizată în conjuncţie cu elaborarea strategiei de conducere (**l.** *algoritmic*) şi cu implementarea acesteia (**l.** *de programare*). **L.** de programare poate fi de nivel ridicat sau de nivel apropiat de cel al maşinii (**l.** *de asamblare*).

limitator de cursă, dispozitiv electromecanic cu contacte, care prin acţionare de către un element al organului de execuţie, la poziţiile extreme ale acestuia inchide (deschide) o cale de curent într-un circuit electric de comandă, control sau supraveghere.

limită de încredere → interval de încredere

limită de stabilitate, regim ideal de funcţionare a unui sistem liniar, fixat la graniţa dintre funcţionarea stabilă şi funcţionarea instabilă, şi în care sistemul oscilează armonic. Pentru sistemele liniare, netede, finit dimensionale şi staţionare caracterizarea funcţionării la limita de stabilitate se face în condiţia intersecţiei hodografului cu axa reală pe coordonata $(-1, j0)$ (fig. L.1).

$$H(j\omega^*) = -1$$

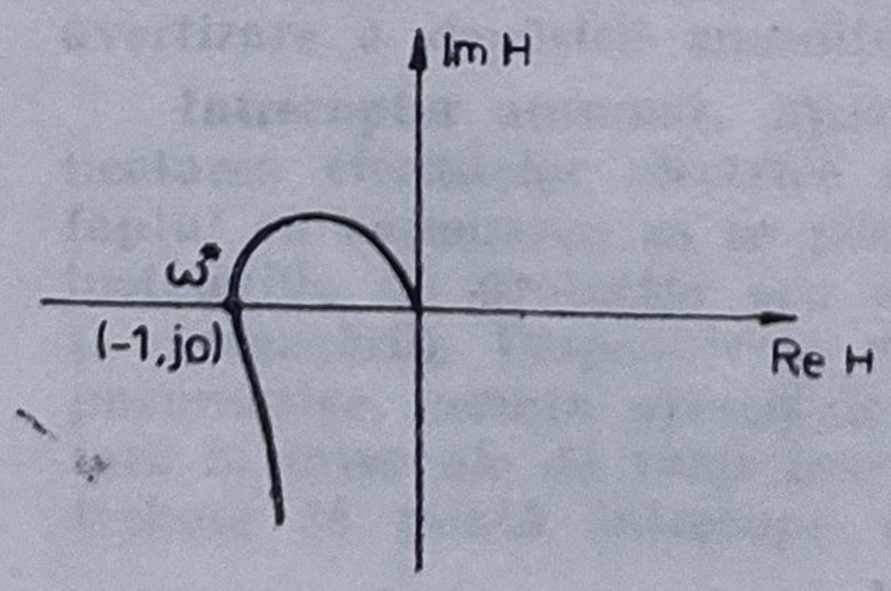


Fig. L.1. Evidenţierea grafică a limitei de stabilitate pentru sisteme liniare.

Pentru acest caz pulsaţia de autooscilaţie este ω^*.

liniarizare, metodă de determinare a unui aproximant liniar

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t)$$

$$y(t) = Cx(t)$$

pentru un → **sistem dinamic** neliniar

$$\dot{x}(t) = f(x(t), u(t))$$

$$y(t) = g(x(t))$$

cu f, g vectori funcţii neliniare în x şi u. **L.** se face considerînd că funcţionarea sistemului are loc în jurul unui „regim stabilizat'' $(\bar{u}(t), \bar{x}(t), \bar{y}(t))$ admis de sistem

$$\dot{\bar{x}} \to \omega(t) = f(\bar{x}(t), \bar{u}(t))$$

$$\bar{y}(t) = g(\bar{x}(t))$$

astfel încît variaţiile mărimilor $u(t)$ $(\Delta u(t) \overset{\Delta}{=} u(t) - \bar{u}(t))$, $x(t)$ $(\Delta x(t) \overset{\Delta}{=} x(t) - \bar{x}(t))$, $y(t)$ $(\Delta y(t) \overset{\Delta}{=} y(t) - \bar{y}(t))$ reprezintă infiniţi mici. În aceste condiţii, **l.** revine la dezvoltarea în serie Taylor a funcţiilor neliniare $f = [f_1 f_2 \ldots f_n]^T$, $g = [g_1\ g_2 \ldots g_p]^T$ în jurul regimului stabilizat şi la neglijarea infiniţilor mici de ordin superior; notînd formal $u(t) = \Delta u(t)$, $x(t) = \Delta x(t)$, $y(t) = \Delta y(t)$ se deduce că aproximantul liniar are

$$A = \begin{bmatrix} f_{1x}^T(\bar{x}(t), \bar{u}(t)) \\ f_{2x}^T(\bar{x}(t), \bar{u}(t)) \\ \vdots \\ f_{nx}^T(\bar{x}(t), \bar{u}(t)) \end{bmatrix}, \qquad B = \begin{bmatrix} f_{1u}^T(\bar{x}(t), \bar{u}(t)) \\ f_{2u}^T(\bar{x}(t), \bar{u}(t)) \\ \vdots \\ f_{nu}^T(\bar{x}(t), \bar{u}(t)) \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} g_{1x}^T(\bar{x}(t)) \\ g_{2x}^T(\bar{x}(t)) \\ \vdots \\ g_{px}^T(\bar{x}(t)) \end{bmatrix}$$

cu f_{ix}: $i = \overline{1, n}$; f_{ju}: $j = \overline{1, m}$; g_{kx}: $k = \overline{1, p}$ → **gradienţii** acestor funcţii, rezultînd că prin **l.** sistemul obţinut are parametrii (A, B, C) dependenţi de regimul stabilizat în jurul căruia s-a efectuat operaţia de **l.**

liniarizare armonică, metodă de aproximare a unei funcţii neliniare

$$y = F(x, \dot{x})$$

faţă de un regim armonic $x = a \sin \omega t$, printr-o dependenţă liniară

$$y \tilde{=} K(a, \omega)x$$

L.a. revine la dezvoltarea în serie Fourier a dependenței neliniare și neglijarea termenilor de pulsații superioare

$$y = a_0 + \sum_{k=1}^{\infty} (a_k \sin k\omega t + b_k \cos k\omega t) \simeq a_0 + a_1 \sin\omega t + b_1 \cos\omega t$$

unde

$$a_0 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} F(a \sin\omega t,\ a\,\omega \cos\omega t)\, \mathrm{d}\,(\omega t)$$

$$a_1 = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} F(a \sin\omega t,\ a\,\omega \cos\omega\, t) \sin\omega t\, \mathrm{d}(\omega t)$$

$$b_1 = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} F(a \sin\omega t,\ a\omega \cos\omega\, t) \cos\omega t\ \mathrm{d}(\omega t)$$

Considerînd că $a_0 = 0$ (neliniaritatea este simetrică), dependența liniară se scrie

$$\tilde{y} = g(a, \omega)x + \frac{b(a,\ \omega)}{\omega}\dot{x}$$

unde

$$g(a,\ \omega) \overset{\Delta}{=} \frac{a_1}{\omega} = \frac{1}{\pi a} \int_0^{2\pi} F(a \sin\omega t,\ a\omega \cos\omega t) \sin\omega t\, \mathrm{d}(\omega t)$$

$$b(a,\ \omega) \overset{\Delta}{=} \frac{b_1}{\omega} = \frac{1}{\pi a} \int_0^{2\pi} F(a \sin\omega t,\ a\omega \cos\omega t) \sin\omega t\, \mathrm{d}(\omega t)$$

adică

$$K(a, \omega) = g(a, \omega) + \frac{b(a, \omega)}{\omega} p, \quad \text{cu} \quad p \overset{\Delta}{=} \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}$$

Coeficientul $K(a,\ \omega)$ este constant dacă a și ω sînt constante (regim stabilizat), dar avantajul metodei de **l.a.** constă tocmai în aceea că poate să opereze și cu $K(a,\ \omega)$ variabil (regim tranzitoriu).

linie de întîrziere, dispozitiv utilizat în scopul prelungirii duratei de transmisiune a unui semnal, fără a-i modifica forma. În automatică se întîlnesc frecvent **l. de î.** electrice, acestea putînd fi cu constante concentrate (de tip

filtru trece jos cu mai multe celule), cu constante repartizate (cu materiale speciale), sau active (de ex., prin trecerea printr-un lanț de porți logice).

linie tehnologică automată, ansamblu de mijloace de producție, dispuse într-o anumită ordine, astfel încît să fie posibilă executarea unei succesiuni de operații tehnologice pentru obținerea unui produs de serie sau de masă, la care comenzile operațiilor de lucru și de transfer sînt automatizate. Principalele procese de producție la care se întîlnesc linii automate sînt de prelucrări mecanice, montaj, dozare, tratament termic, sudare, ambalare. Posturile de lucru într-o linie automată pot fi fixe (ordonate în succesiunea operațiilor) sau adresabile prin program (un produs trece de mai multe ori la un post în timpul procesului de prelucrare). Instalațiile moderne de conducere a liniilor automate folosesc → **automate programabile** sau echipamente cu microprocesoare.

listă de date de ieșire procesor, listă de informații furnizată de procesor, destinată utilizării ei de către post-procesor și conținînd, de ex., informațiile privind traiectoria sculei, corecțiile de sculă, funcțiile pregătitoare și auxiliare ale mașinii-unelte. Editată de calculator într-o formă tipizată, lista de date nu conține informații referitoare la caracteristicile mașinii-unelte pe care se va executa piesa programată.

loc geometric al rădăcinilor, ansamblul punctelor din planul variabilei complexe $s = \sigma + j\omega$ ce constituie rădăcinile → **ecuației caracteristice** a unui sistem liniar cu o intrare și o ieșire, cînd un parametru al sistemului se modifică; parametrul uzual pentru care se trasează **l. g. al r.** este → **factorul de amplificare de regim dinamic** al funcției de transfer de pe calea directă $H(s) = kG(s)$, $k > 0$. Ecuația caracteristică a unui sistem automat liniar cu o intrare și o ieșire ii nd:

$$1 + H(s) = 0$$

rezultă $G(s) = -1/k$, $s = \sigma + j\omega$ care reprezintă ecuația **l. g. al r.** și care este echivalentă cu două ecuații reale:

$$\begin{cases} Re[G(s)] = -\dfrac{1}{k} \\ Im\,[G(s)] = 0 \end{cases}$$

sau

$$\begin{cases} |G(s)| = \dfrac{1}{k} \\ \arg\, G(s) = (2l+1)\pi, \quad l \in \mathbb{Z} \end{cases}$$

Cum $G(s) = \dfrac{\prod_{i=1}^{m}(s - z_i)}{\prod_{j=1}^{n}(s - p_j)}$, notînd $\varphi_i = \arg(s - z_i)$ și $\psi_j = \arg\,(s - p_j)$ ultima ecuație devine $\sum_{i=1}^{m} \varphi_i - \sum_{j=1}^{n} \psi_j = (2l+1)\pi$. Ecuațiile **l. g. al r.** permit

trasarea acestuia numai în cazul funcţiilor de transfer $H(s)$ la care n este mic ($\leqslant 3$). Modalitatea uzuală de trasare a **l.g.al r.** are la bază unele reguli generale de trasare ce stabilesc: punctele de plecare şi de sosire, număr de ramuri, pantele asimptotelor, punctul de intersecţie al asimptotelor, porţiunile de **l.g.al r** aflate pe axa reală, intersecţiile cu axele. **L.g.al r.** se poate utiliza în analiza şi sinteza (prin alocare de poli) sistemelor automate liniare.

lungimea cuvîntului de cod, numărul n de biţi prin care se codifică un cuvînt de date cu dimensiunea $m \leqslant n$ biţi. În codurile separabile cei m biţi de date ocupă poziţii fixe. Cei $n - m$ biţi redondanţi sînt utilizaţi la detectarea şi, eventual, corectarea erorilor ce survin în procesul de transmitere a datelor.

M

magistrală, ansamblu de linii purtătoare de semnal pe care se vehiculează — de regulă, în paralel — date, adrese sau comenzi între elementele componente ale sistemelor de calcul destinate conducerii proceselor. Într-o viziune mai cuprinzătoare **m.** nu se referă numai la semnalele fizice, ci și la protocolul care guvernează transferul acestora. Cînd elementele funcționale ale sistemului de conducere sînt separate de distanțe mari **m.** transportă informația în formă serială, ceea ce conduce la economii de materiale, dar și la creșterea duratei transferului. Constructiv, **m.** se realizează în formă de cablaj imprimat sau cablu plat (pentru transfer paralel) sau conductoare torsadate, cablu coaxial, fibră optică pentru transferul serie.

magistrală de adrese, magistrala sistemului de conducere pe care se vehiculează în formă binară adresa unei anumite locații de memorie sau adresa unui anumit port de intrare/ieșire. Numărul de linii al **m. de a.** depinde de capacitatea de memorie maxim adresabilă de către unitatea centrală a sistemului de conducere. Pentru variantele realizate cu microprocesoare numărul de linii al **m.de a.** variază între 16 și 20. Din considerente tehnologice unele magistrale transportă — prin multiplexare în timp — atît adrese cît și date, → **magistrală de date.**

magistrală de comenzi, magistrala sistemului de conducere pe care elementul funcțional al acestuia desemnat drept *master* emite comenzi pentru elementul (elementele) de tip *slave.* În mod obișnuit liniile de comandă ce alcătuiesc **m.de c.** sînt destinate citirii din memorie, înscrierii in memorie, citirii dintr-un port de intrare, înscrierii într-un port de ieșire. La acestea se adaugă linii de uz general (semnale de ceas, linii de întrerupere, linii de cerere de acces la resursele comune etc.).

magistrală de date, magistrala sistemului de conducere prin intermediul căreia sînt vehiculate datele propriu-zise între elementele funcționale ale acestuia. Numărul de linii al **m.de d.** depinde de lungimea cuvîntului de date cu care operează unitatea centrală a sistemului de conducere. Valori uzuale ale acestui număr sînt 8, 16, 24, 32. Din considerente tehnologice unele sisteme au **m.de d.** multiplexată în timp cu magistrala de adrese. În acest caz un semnal suplimentar al magistralei de comenzi indică momentul de timp la care **m.de d.** conține adrese.

marcă tensometrică, element sensibil utilizat în structura traductoarelor pentru forțe, cupluri, deformații, solicitări mecanice, presiuni, al cărui principiu de funcționare se bazează pe conversia mărimilor menționate într-o variație de rezistență electrică. **M.t.** constă, de regulă, dintr-un suport din hîrtie pe care se află fixată o rezistență intr-un fir foarte subțire sau sub forma unei pelicule, realizată prin tehnologia circuitelor imprimate. Forme tipice de **m.t.** sînt reprezentate în fig. M.1. **M. t.** se lipsesc pe corpuri elastice care supuse la efort se deformează și transmit deformațiile respective elementului rezistiv, producînd

modificări ale lungimii, secţiunii şi rezistivităţii. Variaţiile de rezistenţă obţinute pe această cale sînt convertite într-o tensiune electrică folosind o punte Wheatstone funcţionînd în regim dezechilibrat.

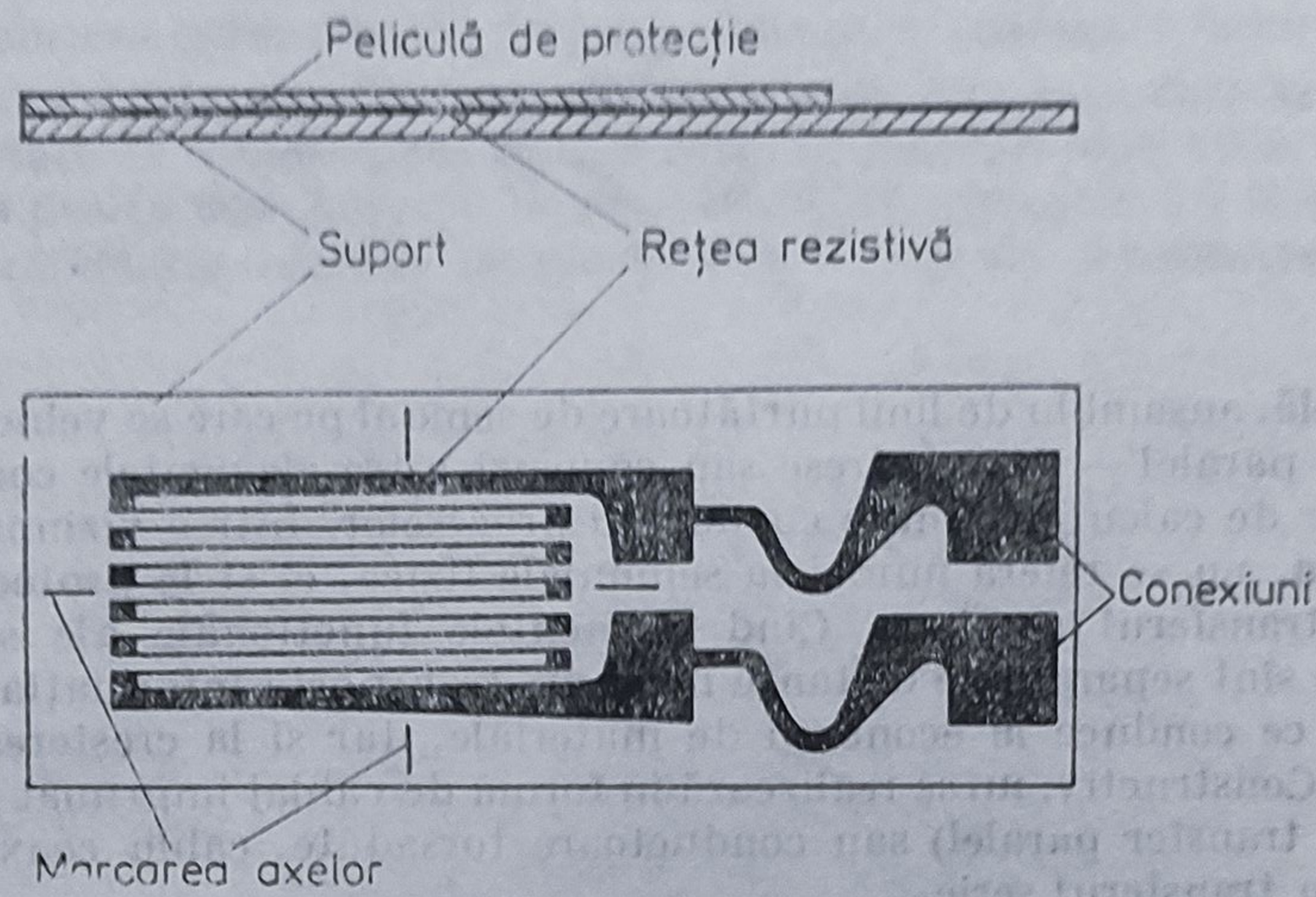


Fig. M.1. Forma constructivă a unei mărci tensometrice.

margine de amplitudine, mărime ce caracterizează gradul de stabilitate al unui sistem automat liniar, fixînd de asemenea domeniul de variaţie al factorului de amplificare pentru care sistemul este stabil. **M.de a.** se exprimă în mod uzual în dB şi este $L = 20 \lg h$, unde h este precizat în fig. M.2, adică este determinat de intersecţia hodografului funcţiei de transfer de pe calea directă, $H(s)$, cu axa imaginară. În cazul în care există mai multe intersecţii ale hodografului cu axa imaginară (fig. M.2), **m.de a.** se determină cu $h = \min\{h_i\}$. Pentru un sistem automat liniar stabil se consideră că $L \geqslant 7$ dB asigură îndeplinirea performanţelor tranzitorii impuse în mod uzual.

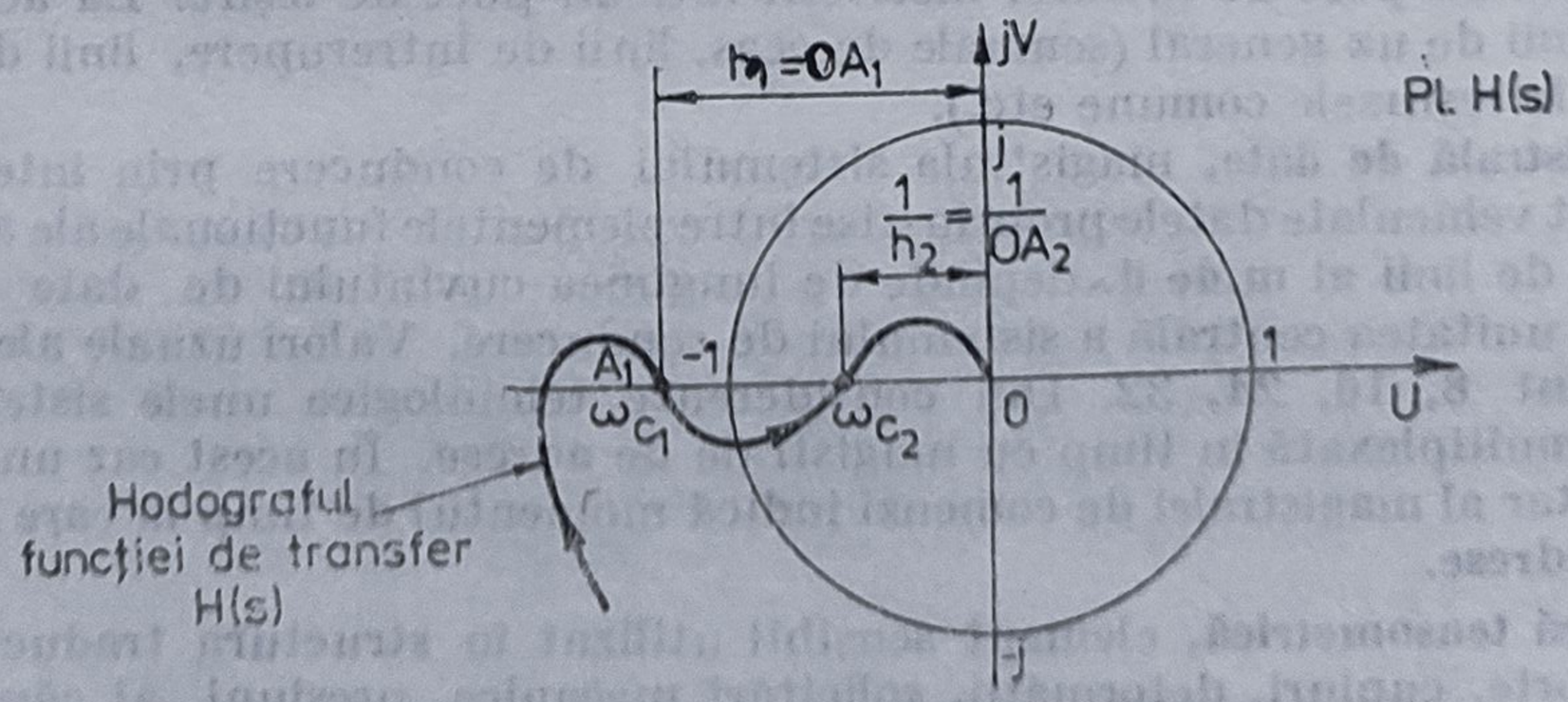


Fig. M.2. Evidenţierea grafică a marginii de amplitudine.

margine de cod, valoare limită care stabileşte numărul minim de simboluri de control m care permit corectarea a „e" erori cu un cod de lungime de cuvînt n. Există mai multe metode de abordare, în funcţie de modul de apreciere a erorilor (individuale sau ca pachete de erori), care conduc la rezultate comparabile, cele

mai cunoscute fiind: **m.de c.** Hamming $\left(\text{pentru un cod binar, } 2^m > \sum_{i=0}^{e} C_n^i\right)$, **m.de c.** Varşamar-Gilbert $\left(\text{pentru un cod binar, } 2^m > \sum_{i=0}^{2e-1} C_{n-1}^i\right)$, **m.de c.** Plotkin $\left(\text{pentru un cod de grup } (n, k), \text{ definit pe corpul } K(2), \text{ ponderea minimală este } \frac{nq^{k-1}(q-1)}{q^k - 1}\right)$.

marginea de fază, mărime ce caracterizează gradul de stabilitate a unui sistem automat liniar: **m.de f.** se determină analitic cu relaţia

$$\theta = \pi + \varphi(\omega_t)$$

unde ω_t este soluţia ecuaţiei $|H(j\omega)| = 1$ $(|H(j\omega)|_{dB} = 0)$. Pentru un sistem automat avînd $H(s)$ de fază minimă, condiţia de strictă stabilitate revine la $\theta > 0$. Dacă hodograful funcţiei de transfer de pe calea directă a unui sistem automat stabil intersectează de mai multe ori cercul de rază unitară, cu centrul în origine (fig. M.3) **m. de f.** se consideră a fi $\theta = \min \{\theta_i\}$.

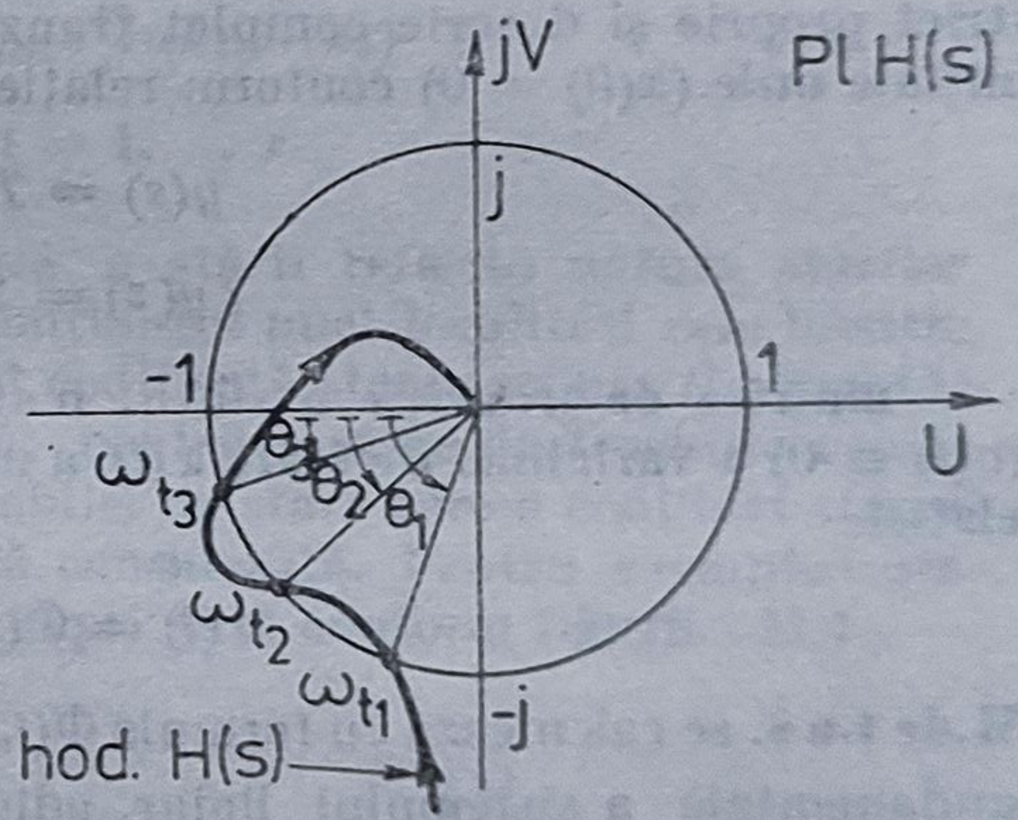


Fig. M.3. Evidenţierea grafică a marginii de fază.

În sinteza sistemelor automate liniare, o **m. de f.** satisfăcînd condiţia $\theta \in [30°, 60°]$, se consideră că asigură şi îndeplinirea performanţelor tranzitorii dorite.

matrice a excitaţiilor, matrice de tip Karnaugh (Veitch) derivată din → → **matricea de tranziţie a stărilor unui automat finit,** care permite obţinerea funcţiilor de excitaţie ale secţiunii de memorie din structura automatului. Pentru automate secvenţiale asincrone realizate cu linii de întîrziere **m.a e.** descrie funcţiile de excitaţie ce reprezintă intrările în secţiunea de memorie realizată cu porţi *NAND* sau *NOR* şi coincide cu matricea de tranziţie a stărilor. Numărul de **m. a e.** pentru un astfel de automat este egal cu numărul variabilelor de stare. Pentru automate secvenţiale asincrone realizate cu automate elementare de tip *RS* fiecăreia din matricile de tranziţie a stărilor îi corespund două **m.a e.** pentru cele două intrări *R* şi *S* ale automatului elementar asociat, construite conform cu dependenţa

$$Q^{t+1} = S^t + R^t Q^t,$$

unde Q^t, Q^{t+1} reprezintă valorile binare ale ieşirii normale a automatului elementar la momentele de timp t, respectiv $t+1$, adică înainte şi după tranziţia de stare. Pentru automate secvenţiale sincrone la care registrul de stare este realizat cu automate elementare de tip JK sau D, **m.a e.** sînt obţinute direct din matricile de tranziţii ale stărilor asociate fiecărei variabile de stare Q (ieşire a automatului elementar) a automatului secvenţial, pentru intrările J şi K, respectiv D, conform cu dependenţele: $Q^{t+1} = J\bar{Q}^t + \bar{K}Q^t$, pentru automat elementar JK de tip master slave, respectiv $Q^{t+1} = D^t$, pentru automat elementar de tip bistabil D.

matrice coloană (linie) proprie, matricea polinomială $P(s)$ de tip $(p \times m)$ pentru care $\Gamma_c[P(s)]$ ($\Gamma_r[P(s)]$ este de rang maximal coloană (linie); $\Gamma_c[(P(s)]$ ($\Gamma_c[P(s)]$) reprezintă o $(p \times m)$ — matrice, în care fiecare coloană (linie) are ca elemente coeficienţii corespunzători → **gradului coloanei (liniei)** $\partial_{cj}[P(s)]$ $(\partial_{ri}[P(s)])j = \overline{1, m}$ $(i = \overline{1, p})$. Orice matrice $P(s)$ de rang maximal coloană (linie) (→ **rangul unei matrici** $P(s)$) este unimodular echivalentă la dreapta (stînga) cu o **m.c.(l.) p.**

matrice de transfer, transformata Laplace (transformata Z) a→ **matricii pondere** a sistemului continuu (discret)

$$T(s) = \mathcal{L}[T(t)] = C(sI - A)^{-1}B \qquad s \in \mathbb{C}$$

$$(T(z) = \mathcal{Z}[T(t)] = C(zI - A)^{-1}B) \qquad z \in \mathbb{C}$$

M.de t. este o $(p \times m)$ matrice raţională, care la sistemele fizic realizabile, este strict proprie şi descrie complet tranziţia intrare-ieşire pentru cazul condiţiei iniţiale nule $(x(0) = 0)$ conform relaţiei:

$$y(s) = T(s)u(s)$$

$$(y(z) = T(z)u(z))$$

matrice de tranziţie a stării, matricea $\Phi(t, t_0)$ ce descrie evoluţia liberă $(u(t) \equiv 0)$ a variabilei de stare $x(t)$ a unui sistem dinamic determinist, conform relaţiei:

$$x(t) = \Phi(t, t_0)\, x(t_0)$$

M.de t.a s. se calculează cu formula $\Phi(t,t_0) = X(t)X^{-1}(t_0)$ unde $X(t)$ este o soluţie fundamentală a sistemului liniar, adică satisfăcînd $\dot{X}(t) = A(t)X(t)$. În cazul particular al sistemelor liniare, matricea de tranziţie devine

$$\Phi(t) = e^{At}, \quad t \in \mathbb{R}$$

în cazul continuu şi

$$\Phi(t) = A^t, \quad t \in \mathbb{N}$$

în cazul discret. Răspunsul total al unui sistem dinamic, continuu, exprimat cu matricea de tranziţie este

$$y(t) = C(t)\,\Phi(t, t_0)\, x(t_0) + \int_{t_0}^{t} C(t)\Phi(t, \tau)B(\tau)u(\tau)d\tau$$

care se particularizează uşor pentru cazul invariant.

matrice de tranziţie a stării unui automat finit, aplicaţie care exprimă în formă matricială tranziţia de stare φ a unui automat finit şi care este obţinută prin codificarea setului de stări $\hat{S}$ asociat realizării minimale cu ajutorul setului variabilelor de stare, $\hat{X}$:

$$\text{Cod } (\hat{S}) = \{\text{cod } (\hat{S}_i)\},$$

$$\text{cod } (\hat{S}_i) = \hat{x}_1^{\alpha_{1i}} \; \hat{x}_2^{\alpha_{2i}} \cdots \hat{x}_p^{\alpha_{pi}}$$

cu

$$x_j^{\alpha_{ji}} = \begin{cases} x_j, \; \alpha_{ji} = 1 \\ \bar{x}_j, \; \alpha_{ji} = 0 \end{cases} \quad \text{şi} \quad \begin{matrix} i = 1,2,\ldots, r \\ j = 1,2,\ldots, p, \end{matrix} \quad r \leqslant 2^p,$$

iar setul variabilelor de stare corespunzătoare realizării minimale este:

$$\hat{X} = \{\hat{x}_1, \hat{x}_2, \ldots, \hat{x}_p\}$$

Matricea de tranziţie permite obţinerea excitaţiilor secţiunii de memorie a unui automat şi este derivată direct din → **matricea redusă a stărilor**:

$$\text{Cod } (\hat{S}(k+1)) = \mathfrak{M}_{TS} \; (\text{Cod } (\hat{S}(k)), U(k))$$

$$\mathfrak{M}_{TS} = [m_{TSj}] = \mathfrak{M}_{RS}(x_j^{\alpha_{ji}}(k), U(k))$$

$$j = 1, \ldots p,; \; i = 1, \ldots, r$$

Conţinutul locaţiilor matricei de tranziţie a stării reflectă natura stărilor automatului finit: pentru o stare stabilă conţinutul unei localităţi este identic cu valoarea variabilei de stare cu care a fost codificată starea redusă (fuzionată) din care face parte respectiva stare stabilă; pentru o stare de tranziţie conţinutul locaţiei este identic cu valoarea variabilei de stare care a codificat starea stabilă în care tranzitează starea instabilă considerată. Pentru exemplul din fig. M.4 matricea de tranziţie a stării este exprimată conform figurii. M.4.

Fig. M.4. Diagrama matricii de tranziţie a stării.

$$X_1 = p\bar{o} + \bar{o}x_1 = (p + x_1)\bar{o}$$

x_1 \ po	00	01	11	10
0	0	0	0	1
1	1	0	0	1

matrice de zgomot a unui canal discret, matrice care caracterizează probabilităţile condiţionate de a obţine un anume simbol din alfabetul de ieşire în funcţie de simbolurile din alfabetul de intrare.

matrice logică programabilă, ansamblu de circuite logice, realizat prin integrare pe scară largă, programabil de către utilizator, destinat implementării blocului de secvenţiere şi comandă al unităţilor de comandă de tip automat finit, unitate aritmetică şi logică etc. În conducerea proceselor industriale m.l.p. îşi găseşte aplicaţii în realizarea de dispozitive de comandă speciale (automate programabile, unităţi destinate operaţiilor aritmetice cu numere în diverse formate etc.).

matrice polinomială, matricea $R(s)$ de tip $(p \times m)$ ce are ca elemente polinoame cu coeficienţi reali din inelul $\mathbb{R}[s]$ al polinoamelor de grad mai mic sau egal cu n.

matrice pondere, matrice de tip $(p \times m)$ care descrie complet tranziţia intrare-ieşire a sistemului, cînd condiţia iniţială este nulă ($x_0 = 0$). **M.p.** este

$$T(t) = Ce^{At}B, \quad t \in \mathbb{R}$$

dacă sistemul este continuu, respectiv

$$T(t) = \begin{cases} 0, & t = 0 \\ CA^{t-1}B, & t \geqslant 1, \quad t \in \mathbb{Z} \end{cases}$$

dacă sistemul este discret, iar răspunsul sistemului ataşat condiţiei iniţiale nule, exprimat cu **m.p.** este:

$$y(t) = \int_0^t T(t-\tau)\, u(\tau)\, d\tau, \quad t \in \mathbb{R} \text{ (sistem continuu)}$$

$$y(t) = \sum_{k=0}^{t-1} T(t-k)\, u(k), \quad t \in \mathbb{Z} \text{ (sistem discret)}$$

matrice primitivă a stărilor (unui automat finit), aplicaţie asociată generării noii stări la un automat finit, care particularizează în formă matricială tranziţia de stare φ sub forma:

$$S(k+1) = \mathfrak{M}_{PS}(S(k), U(k))$$

unde $S = \{s_1, s_2, \ldots, s_{rp}\}$ reprezintă setul finit al stărilor automatului; $U = \{u_1, u_2, \ldots, u_m\}$ — setul finit al mărimilor de intrare în automat; $k, k+1$ — două valori consecutive din mulţimea $\mathbb{Z}$ a valorilor discrete de timp, în care setul S este stabil. **M.p.a s.** reflectă pe coloane corespondenţa dintre combinaţiile variabilelor de intrare şi cel puţin o stare internă stabilă a automatului, iar pe linii conţine toate tranziţiile posibile dintr-o singură stare internă stabilă. Numărul de coloane ale matricii (codificate în cod ciclic) este 2^m. Numărul de linii al matricii este r_p şi este cunoscut atunci cînd au fost considerate toate ciclurile de funcţionare completă a automatului. **M.p.a s.** este însoţită întotdeauna de matricea completă a ieşirilor, ce conţine valorile ieşirilor din automat atît pe durata stărilor stabile, cît şi pe durata tranziţiilor. În fig. M.5 este reprezentată **m.p.a s.** însoţită de matricea completă a ieşirilor, pentru un automat secvenţial ce asigură pornirea (prin intrare p) şi oprirea (prin intrare o) a unui motor M.

matrice raţională, matricea $T(s)$ de tip $(p \times m)$ avînd ca elemente funcţii raţionale cu coeficienţi reali (ce aparţin corpului $\mathbb{R}(s)$).

matrice redusă a stărilor (unui automat finit) aplicaţie care exprimă în formă matricială generarea noii stări S pentru o realizare minimală a unui automat finit. **M.r.a s.** se obţine prin reducerea numărului de linii ale → **matricii**

primitive a stărilor pe baza teoriei echivalării automatelor: două linii ale acesteia (corespunzătoare stărilor stabile i și j) pot fuziona, și în felul acesta se obține o formă redusă, dacă tranzițiile din stările stabile i și j conduc, pentru aplicarea

s \ po	00	01	11	10
s_1	1	4	-	2
s_2	3	-	5	2
s_3	3	4	-	2
s_4	1	4	5	-
s_5	-	4	5	2

m.p.s

s \ po	00	01	11	10
	0	0	x	x
	1	x	x	1
	1	x	x	1
	x	0	0	x
	x	0	0	x

m.c.e. (M)

unde s-au adoptat reprezentările ⊗: stare stabilă; α: stare instabilă (tranziție); - : tranziție imposibilă (automatul operează în modul fundamental)

Fig. M.5. Reprezentarea prin diagrame a matricii primitive a stărilor și a matricii complete a ieșirilor.

aceloraşi valori ale variabilelor de intrare u, într-o stare viitoare unică, k. Realizarea minimală a automatului este dată de setul stărilor:

$$\hat{S} = \{\hat{s}_1, \hat{s}_2, \ldots, \hat{s}_r\}, \quad r \leqslant r_p$$

unde starea stabilă $\hat{s}_j$ este obținută prin alipirea a N_j stări stabile din matrice a primitivă a stărilor, cu

$$\sum_{j=1}^{r} N_j = r_p$$

$\hat{s}$ \ po	00	01	11	10
$\hat{s}_1$	1	4	5	2
$\hat{s}_2$	3	4	5	2

m.r.s.

$\hat{s}$ \ po	00	01	11	10
	0	0	0	X
	1	X	X	1

m.r.e.

Fig. M.6. Reprezentarea prin diagrame a matricii reduse a stărilor și a matricii reduse a ieșirilor.

Generarea noii stări pe forma minimală a automatului

$$\hat{S}(k+1) = \mathfrak{M}_{RS}(\hat{S}(k), U(k))$$

se poate extinde și asupra unor subseturi Y_j ale setului mărimilor de ieșire din automat, Y, conform criteriului concordanței:

$$Y_j = (y_{j1}, y_{j2}, \ldots, y_{jN_j}) = (y_j^{\alpha_j}, y_j^{\alpha_j}, \ldots, y_j^{\alpha_j}) =$$

$$= y_j^{\alpha_j}(1, 1, \ldots, 1)$$

$$Y_j(k) = m_{REj}(\hat{S}_j(k), U(k))$$

unde m_{REj} este forma matricială a tranziției η_j a unui subset de N_j mărimi de ieșire. Pentru exemplul din fig. M.6. **m.r.a s.** și matricea redusă a ieșirilor sînt reprezentate în figură.

matrice rezolventă (a $n \times n$ matricii A), transformata Laplace a matricii e^{At}:

$$\Phi(s) = \mathcal{L}[\Phi(t)] = \mathcal{L}[e^{At}] = (sI - A)^{-1}$$

matrice unimodulară, matrice polinomială $U(s)$, pătrată, avînd $|U(s)| =$ ct. $\neq 0$; deci o **m.u.** este un element inversabil în $\mathbb{R}(s)$.

maxtermen → **formă canonică disjunctivă**

mărime de comandă, orice componentă a vectorului $u \in \mathbb{R}^m$ furnizat de dispozitivul de conducere a sistemului automat și prin variația căruia se asigură îndeplinirea dezideratelor de conducere. Vectorul de comandă u este o submulțime a vectorului de intrare în partea fixată a sistemului automat, care mai conține și vectorul perturbație.

mărime de ieșire, componentă a vectorului y(sau vectorul y) din modelul unui→ **sistem dinamic.** Specific **m.de i.** este faptul că variația sa este determinată de variația → **mărimii de intrare,** prin intermediul sistemului. Cînd referirea se face la sistemul parte fixată (→**sistem automat**), în locul noțiunii de **m.de.i.** se utilizează noțiunile de: mărime de calitate z asupra căreia se formulează dezideratele de conducere, respectiv mărime măsurată y, care are o natură fizică ce o face aptă să fie prelucrată de dispozitivul de conducere pentru realizarea dezideratelor de conducere.

mărime de intrare, componentă a *vectorului de comandă* $u \in \mathbb{R}^m$ sau a vectorului perturbație $p \in \mathbb{R}^e$ pentru sistemul:

$$\dot{x} = Ax + Bu + Ep$$

$$y = Cx + Gp$$

Specific **m.de i.** este faptul că variația sa este independentă de sistem.

măsurare, operație avînd drept scop determinarea valorii numerice a unei mărimi fizice și exprimarea sa într-o formă adecvată pentru utilizator. **M.** se realizează printr-un procedeu experimental de comparație a mărimii de măsurat cu o mărime de aceeași natură, denumită unitate de măsură. În cazul în care uzilizatorul este un operator uman, **m.** se efectuează, de regulă, cu ajutorul unui → **aparat de măsurat.** În sistemele automate elementele care îndeplinesc funcții de **m.** sînt → **traductoarele.**

medie, valoare reprezentativă obținută ca urmare a unor operații matematice aplicate asupra unui șir de date. După caracterul operațiilor se pot calcula următoarele **m.** :

— **m.** *aritmetică* a n date discrete $V_1, V_2, \ldots, V_n$

$$m_v = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} V_i$$

— **m.** *valorilor absolute*

$$m_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} |V_i|$$

— **m.** *pătratică*

$$\mu = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} V_i^2}{n}}$$

— **m.** *ponderată*

$$m_p = \frac{\sum_{i=1}^{n} p_i V_i}{\sum_{i=1}^{n} p_i}$$

unde p_i sînt ponderile.

— **m.** *geometrică*

$$m_g = \sqrt[n]{V_1 \cdot V_2 \cdot \ldots \cdot V_n}$$

— **m.** *armonică*

$$\frac{1}{m_{arm}} = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{V_i}$$

— **m.** *temporală pe un interval* [0, T] a unei mărimi reprezentată printr-o funcţie continuă de timp $x(t)$

$$\overline{x(t)} = \frac{1}{T} \int_0^T x(t)\, dt$$

— **m.** *unei variabile aleatoare* X, caracterizată prin funcţia de repartiţie de probabilitate $F(X)$

$$M(x) = \int_0^1 X \, d\, F(X)$$

membrană, element elastic utilizat în construcţia aparaturii de măsurare şi de automatizare pneumatică. **M.**, se utilizează ca element sensibil în traductoarele de presiune. Cu ajutorul **m.**, presiunea (diferenţială, relativă sau absolută) este convertită într-o forţă (deplasare). Aceasta modulează o mărime de natură electrică (R, L, C) sau o presiune auxiliară, care determină semnalul de ieşire, reprezentînd presiunea măsurată. **M.** se foloseşte ca element de acţionare şi ce element despărţitor în camere cu volum variabil. Un parametru important ce caracterizează comportarea **m.** este *rigiditatea* (definită prin raportul dintre variaţia presiunii ce se exercită asupra m. şi variaţia rezultată a deformaţiei). Rigiditatea trebuie să fie constantă pe întreg domeniul de variaţie a diferenţei de presiune între cele două feţe ale **m.**, pentru asigurarea unei comportări liniare. Inversul rigidităţii se numeşte *sensibilitatea* **m.**

memorie, element component al structurii sistemelor de conducere destinat păstrării temporare sau permanente a informației în vederea utilizării ulterioare momentului stocării. Este considerată de tip permanent, **m.** care nu își pierde conținutul la dispariția tensiunii de alimentare, chiar dacă, ulterior, acesta poate fi modificat prin proceduri bine definite. În **m.** *permanentă* se memorează programele sistemului de conducere, precum și acea parte a bazei de date ce nu suferă modificări pentru aplicația dată. **M.** *temporară* conține date cu valabilitate limitată în timp, rezultate intermediare etc. Din punctul de vedere al poziției în cadrul sistemului de conducere **m.** este de tipul intern sau extern. **M.** *internă* conține programele și datele strict necesare desfășurării evenimentului curent. Pentru aplicațiile mai complexe, pentru care **m.** internă nu poate conține toate programele și datele necesare bunei desfășurări a activității sistemului, acestea sînt conținute de **m.** *externă* și transferate în **m.** internă pe măsură ce devin necesare. **M.** este caracterizată de o serie de parametri; capacitatea, exprimată în numărul maxim de biți, cuvinte, blocuri, ce pot fi memorate; lungimea cuvîntului sau dimensiunea blocului, exprimînd numărul de biți sau cuvinte ce se transferă în sau din **m.** printr-o operație de acces; timpul de acces, definind lungimea intervalului de timp scurs între momentul la care s-a comandat efectuarea unei operații de citire sau înscriere din sau în **m.** și cel la care **m.** este pregătită pentru efectuarea operției comandate; durata ciclului, incluzînd timpul de acces și cel al efectuării operației propriu-zise etc. **M.** internă se realizează din materiale semiconductoare, sau mai rar, din materiale magnetice. Drept **m.** externă servesc periferice de uz general cu suport magnetic de stocare a informației.

memorie analogică, circuit analogic destinat memorării unei tensiuni analogice pe durate de timp de la zeci de microsecunde la cîteva zeci de minute. **M.a.** se compune dintr-un condensator cu o foarte ridicată valoare a rezistenței de pierderi, conectat la intrarea unei amplificator de amplificare unitară, caracterizat de impedanță de intrare de ordinul a 10^{12} ohmi, ceea ce impune utilizarea tranzistoarelor cu efect de cîmp în etajul de intrare.

memorie EPROM, memorie în care informația este înscrisă de către utilizator prin „arderea" unor siguranțe constituite dintr-un material semiconductor special. „Arderea" constă în polarizarea — într-un cîmp electric adecvat — a materialului din care sînt constituite siguranțele. Prin iluminarea cu lumină ultravioletă acestea își recapătă proprietățile inițiale. În absența iluminării cu lumină ultravioletă **m. EPROM** păstrează conținutul informațiilor înscrise pe durate de timp de ordinul a 100 ani. În funcționare normală conținutul **m. EPROM** este nealterabil, el putînd fi doar citit. Acesta poate fi șters și modificat off-line.

memorie PROM, memorie în care informația este înscrisă de către utilizator prin arderea ireversibilă (în procesul de programare) a unor siguranțe fuzibile, ceea ce are drept efect nevolatilitatea cu tensiunea de alimentare a conținutului **m. PROM**. În funcționare normală conținutul **m. PROM** este nealterabil, el putînd fi doar citit.

memorie RAM, memorie în care informația poate fi înscrisă sau citită prin acces direct (spre deosebire de accesul secvențial). În ultima vreme termenul de **m. RAM** definește memoriile ce pot fi atît citite, cît și înscrise, conținutul acestora pierzîndu-se în mod irecuperabil la dispariția tensiunii de alimentare. **M. RAM** realizate în tehnologii ce le conferă consum redus de energie (CMOS) devin „nevolatile" prin utilizarea unor baterii (de ex., cu litiu) în tampon cu sursa principală de alimentare. În felul acesta conținutul **m. RAM** poate rămîne nealterat pe durata de cca 5 ani. **M. RAM** statice au celulele elementare de memorare realizate din circuite bistabile. Pentru

creşterea capacităţii de memorare **m. RAM** dinamice se bazează pe memorarea informaţiei în capacitatea joncţiunii semiconductoare, ceea ce necesită reîmprospătarea conţinutului la intervale regulate de timp.

memorie ROM, memorie în care informaţia este înscrisă în procesul de fabricaţie, în conformitate cu specificaţia utilizatorului, ceea ce conferă nevolatilitate la dispariţia tensiunii de alimentare. În funcţionare normală conţinutul **m. ROM,** este nealterabil, el putînd fi doar citit.

mentenabilitate, proprietate a unui dispozitiv, aparat sau echipament, exprimată prin probabilitatea asigurării supravegherii, întreţinerii şi reparării defecţiunilor într-o anumită perioadă de timp, t. **M.** este asociată noţiunii de → **fiabilitate** conform relaţiei

$$D(t) = M(t) + R(t)$$

un de $M(t)$ este funcţia de **m.**, $R(t)$ — funcţia de fiabilitate şi $D(t)$ — funcţia de disponibilitate. Disponibilitatea se exprimă prin probabilitatea ca un dispozitiv, aparat sau echipament să se afle în stare de funcţionare în orice moment în intervalul dintre operaţiile de întreţinere planificat.

mesaj, concept informaţional ce corespunde unei realizări particulare din ansamblul de idei, imagini, date, ce trebuie transmise de la o sursă de informaţie către un corespondent. În vederea transmisiei pe un canal, un **m.** este convertit într-un semnal sau o combinaţie de semnale; un **m.** discret este astfel o mulţime de simboluri (sau caractere). În procesul de transmisie, **m.** conţine pe lîngă textul informaţional propriu-zis o serie de caractere ce indică începutul şi sfîrşitul **m.**, asigură sincronizarea sau controlul corectitudinii **m.** transmis. Prin extensie, **m.** poate semnifica orice comunicare tipărită sau vizualizată la un terminal afectat unui sistem de prelucrare a datelor (de ex., imprimantă, tub catodic, consolă).

metoda liniarizării armonice, metodă aproximativă de determinare a soluţiei armonice a unei ecuaţii diferenţiale neliniare, prin → **liniarizare armonică** a părţii neliniare. **M.l.a.** se mai numeşte şi metoda primei armonici şi în teoria sistemelor este o metodă aproximativă de analiză a stabilităţii oscilaţiilor armonice (întreţinute) din sistemele automate neliniare (→ **funcţie de descriere**).

metoda locului rădăcinilor, procedură de → **sinteză a sistemelor.**

metoda primei armoniei, metodă aproximativă de studiu a stabilităţii oscilaţiilor din sistemele automate neliniare, bazată pe → **liniarizarea armonică** a elementului neliniar. **M.p.a.** se mai numeşte şi metoda funcţiei de descriere şi este aplicabilă acelor sisteme automate neliniare la care se poate separa partea liniară de partea neliniară, adică sînt de structura prezentată în fig. M.7, *a*, şi care este echivalentă cu cea din fig. M.7, *b*. Considerînd că $H(s)$ este stabilă şi are caracter de filtru trece-jos, se pot neglija frecvenţele superioare din $x_2(t)$, sistemul neliniar fiind caracterizat, cînd $x_1 = X_1 \sin \omega t$, de funcţia de descriere

$$\underline{N}(X_1, \omega) = N_R(X_1, \omega) + jN_I(X_1, \omega) = N(X_1, \omega)e^{j\varphi_1(x_1\ \omega)}$$

unde

$$N_R(X_1, \omega) = \frac{1}{\pi X_1} \int_0^{2\pi} x_2(\omega t) \sin \omega t \, d(\omega t)$$

BIBLIOTECA DE FIZICĂ

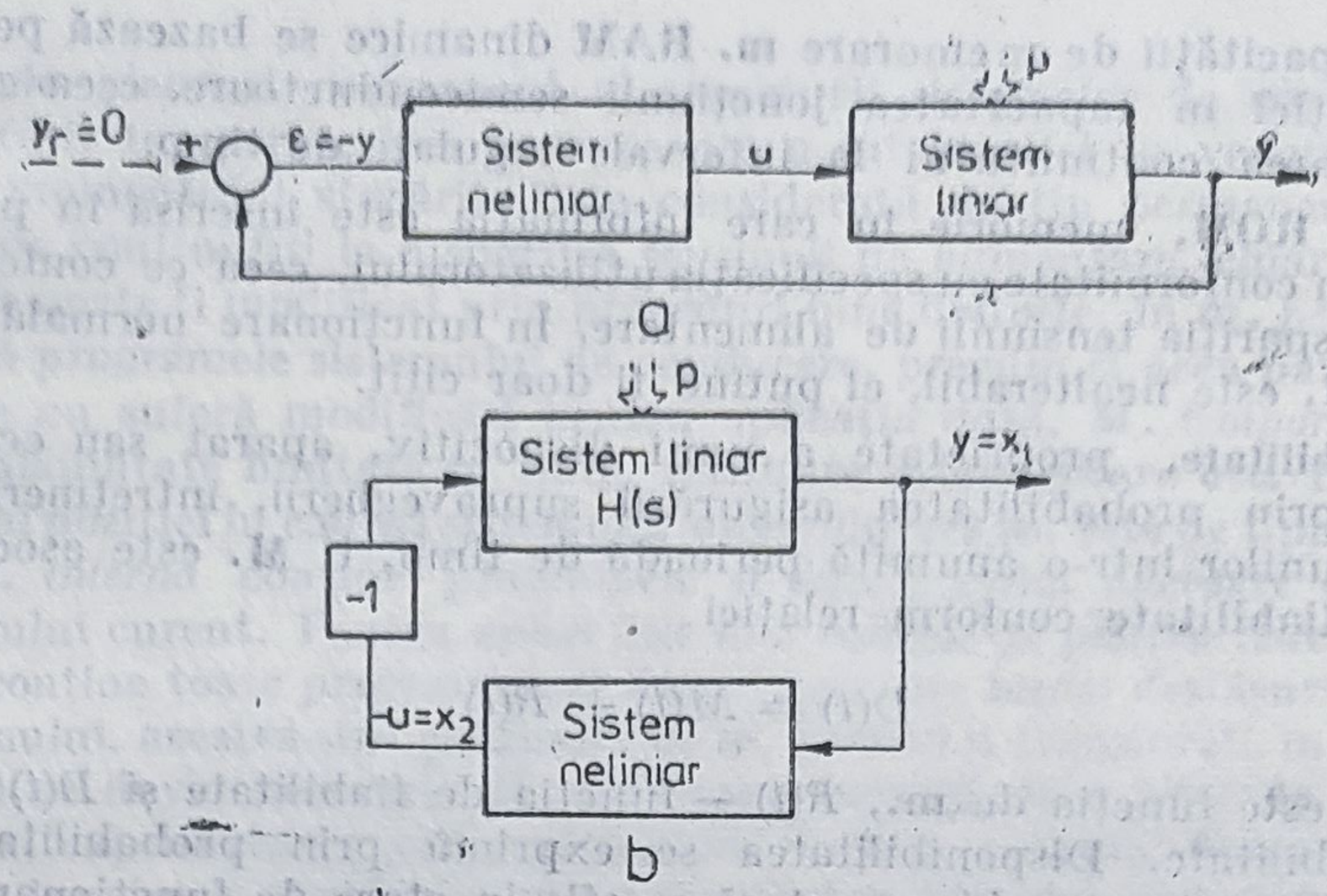


Fig. M.7. Echivalări structurale pentru aplicarea metodei primei armonici

$$N(X_1, \omega) = \frac{1}{\pi X_1} \int_0^{2\pi} x_2(\omega t) \cos \omega t \, d(\omega t)$$

Criterii specifice de analiză a stabilității oscilațiilor din sistemele automate neliniare, bazate pe **m.p.a.** sînt → **criteriul de stabilitate Nyquist** cu punct mișcător și → **criteriul de stabilitate Loeb.**

metoda trapezelor, metodă de calcul aproximativ al răspunsului indicial al sistemelor liniare, pe baza caracteristicilor de frecvență ridicate experimental. Metoda se bazează pe descompunerea caracteristicii reale de frecvență în trapeze elementare (→ **caracteristică trapezoidală**) pentru care valorile răspunsului indicial sînt tabelate.

metode de frecvență, proceduri de analiză și sinteză a sistemelor automate liniare, pe baza caracteristicilor de frecvență. **M. de f.** apelează, în general, la caracteristicile de frecvență ale părții fixate, ridicate experimental fără să fie nevoie să se cunoască explicit funcția de transfer. Operația cea mai dificilă în cadrul **m. de f.** este corelația dintre caracteristicile de frecvență și performanțele sistemului care, uzual, se dau în domeniul timp (pe răspunsul în timp al sistemului); această operație se face fie prin relații aproximative de calcul, fie prin diagrame prezentate în lucrările de specialitate. **M. de f.** apelează în principal la caracteristicile logaritmice și la caracteristica hodograf, permițînd determinarea funcției de transfer a regulatorului automat, pentru care, sistemul automat îndeplinește o serie de performanțe tranzitorii și staționare.

metode de gradient, metode de rezolvare a problemei de → **programare matematică** fără restricții, în care direcția de deplasare h_k, la pasul k, este dată de

$$h_k = -\nabla f(x_k)$$

Ca urmare, în **m. de g.** relația recurentă de rezolvare a problemei de programare matematică este

$$x_{k+1} = x_k + \alpha_k h_k; \; k = 0, 1, 2, \ldots$$

unde α_k se determină pe baza → **minimizării unidimensionale** a funcției, pe direcția h_k; $x^* = x_k$ este soluția problemei de programare matematică dacă $||h_k|| = 0$. Dacă programarea matematică este cu restricții atunci „etapa de gradient" (de minimizare după o direcție h_k) se completează cu „etapa de restabilire", adică de readucere a punctului x_{k+1} în domeniul X (metoda de gradient cu restabilire).

metode de gradient conjugat, metode de rezolvare a problemei de → **programare matematică** fără restricții, în cadrul cărora, direcțiile de deplasare h_k se aleg în forma tipică

$$h_{k+1} = -\nabla f(x_{k+1}) + \beta_k h_k, \quad k \geqslant 0$$

Parametrul β_k se determină din condiția ca direcțiile h_k: $k \geqslant 0$ să fie ortogonale. Dacă f este pătratică atunci **m. de g.c.** converg într-un număr finit de pași $k \leqslant n$, cel mult egal cu dimensiunea n a problemei de minimizare. În caz general, presupunînd că f este tare convexă și de două ori derivabilă, **m. de g.c.** se pot aplica, pasul α_k alegîndu-se pe baza condiției de → **minimizare unidimensională** pe direcția h_k. Calculul parametrului β_k, ce asigură condiția de ortogonalitate, se face pe baza formulei

$$\beta_k = \frac{(\nabla f(x_{k+1}), \nabla f(x_{k+1}))}{(\nabla f(x_k), \nabla f(x_k))}$$

sau a formulei

$$\beta_k = \frac{(\nabla f(x_{k+1}), \nabla f(x_{k+1}) - \nabla f(x_k))}{(\nabla f(x_k), \nabla f(x_k))}$$

metode de metrică variabilă, metode de rezolvare a problemei de → **programare matematică** în cadrul cărora H_k^{-1} (H_k → **hessianul** funcției f) se aproximează pe baza gradientului funcției f, adică direcția de deplasare, la pasul k, este:

$$h_k = -M_k \cdot \nabla f(x_k), \quad k \geqslant 0$$

Specific pentru **m. de m.v.** este algoritmul Davidson–Fletcher–Powell în care matricile M_k se determină recursiv cu relațiile

$$M_{k+1} = M_k + \frac{\Delta x_k \cdot \Delta x_k^T}{(\Delta x_k, \Delta g_k)} - \frac{M_k \cdot \Delta g_k \Delta g_k^T M_k}{(M_k \Delta g_k, \Delta g_k)}, \quad k \geqslant 0$$

$$M_0 = I$$

și unde

$$\Delta x_k = x_{k+1} - x_k$$

$$\Delta g_k = \nabla f(x_{k+1}) - \nabla f(x_k)$$

Și în cazul acestei proceduri, după stabilirea direcției de deplasare h_k, calculul noului punct se face cu relația

$$x_{k+1} = x_k + \alpha_k h_k$$

unde α_k se determină cu o procedură de → **minimizare unidimensională**.

metode de tip Newton, proceduri specifice de rezolvare a problemei de → **programare matematică,** fără restricţii, în care direcţia de înaintare, la pasul k, este

$$h_k = -H_k^{-1} \cdot \nabla f(x_k)$$

H_k fiind → **hessianul** funcţiei obiectiv $f(x)$, calculat în punctul x_k şi care este presupus pozitiv definit. Dacă f este pătratică şi tare convexă atunci, **m. de t.N.** asigură atingerea minimului x^* într-un singur pas optimal, $\alpha_k^* = 1$. În practică **m. de t.N.** se aplică numai în faza finală a algoritmului de rezolvare a problemei de programare matematică, cînd f poate fi aproximată cu o funcţie pătratică tare convexă, în fazele iniţiale lucrîndu-se cu pasul α_k determinat prin proceduri de → **minimizare unidimensională:** în acest caz se spune că metodele sînt de tip Newton cu pas variabil (sau metode cvasi-Newton). Dacă condiţia $H_k > 0$ nu este îndeplinită atunci alegerea direcţiei se face fie după → **metode de gradient,** fie modificînd matricea H_k (de ex., în loc de H_k se lucrează cu $\lambda I + H_k$, unde λ se alege astfel încît $\lambda I + H_k$ să fie pozitiv definită). Dacă $\|\nabla f(x_k)\| = 0$ atunci $x^* = x_k$ este soluţia problemei de programare matematică.

microprocesor, unitate centrală a sistemelor de conducere a proceselor realizată prin integrare pe scară largă, avînd facilităţile necesare rulării de programe. Pentru îndeplinirea funcţiilor necesare **m.** comunică cu mediul exterior prin intermediul magistralelor de adrese, de date şi de comenzi (→ **magistrală de adrese,** → **magistrală de comenzi,** → **magistrală de date).** Structura unui **m.** cuprinde: o unitate aritmetică şi logică, avînd drept scop efectuarea de operaţii aritmetice şi logice elementare; un set de registre pentru memorarea temporară şi manipularea cu viteză ridicată a unui număr relativ mic de rezultate intermediare; un bloc de comandă şi secvenţiere, care asigură desfăşurarea ordonată a tuturor operaţiilor în interiorul **m.,** precum şi comunicaţia acestuia cu lumea exterioară; un bloc de decodificare a instrucţiunii curente, care interpretează instrucţiunea în curs şi determină acţiunile ce se impun; un bloc de tratare a cererilor de întrerupere utilizat pentru luarea în considerare a evenimentelor asincrone faţă de desfăşurarea programului; tampoane între **m.** şi magistralele sistemului. Principalele caracteristici ale unui **m.** sînt: capacitatea de memorie maxim adresabilă, avînd valoarea 2^n, unde n este numărul liniilor magistralei de adrese; lungimea cuvîntului de date, egală cu numărul liniilor magistralei de date (din considerente legate de realizarea capsulei ce conţine **m.** unele variante au magistralele de adrese şi date multiplexate în timp, pe aceleaşi linii fizice); numărul maxim adresabil de porturi intrare/ieşire; numărul şi dimensiunea registrelor interne; viteza de lucru; setul de instrucţiuni; modalităţile de adresare. **M.** uzuale adresează capacităţi de memorie între 64 K şi 8 M cuvinte, operează cu cuvinte de lungime 8, 16, 32 biţi sau — în cazul **m.** realizate în secţiuni — cu cuvinte de lungime determinată prin proiectare, pot adresa între 256 şi 64 K porturi de intrare/ieşire, dispun de 8—16 registre interne, execută o instrucţiune de complexitate medie în 150 ns pînă la 2 μs, oferă facilităţi de adresare directă, indirectă, indexată. Din considerente tehnologice unele **m.** sînt realizate într-o singură capsulă, altele necesită 2—4 capsule. Un caz special îl constituie **m.** realizate în secţiuni identice constructiv, cu o lungime redusă a cuvîntului (2 sau 4 biţi), care pot fi juxtapuse pentru a forma unităţi centrale cu lungimea cuvîntului teoretic oricît de mare. Aceste unităţi sînt microprogramabile de către utilizator, ceea ce le conferă flexibilitate în exploatare dar complică procesul de proiectare. Unele structuri de **m.** înglobează în

aceeași capsulă și un volum redus de memorie EPROM (sau ROM) și RAM, ceea ce le face adecvate pentru utilizarea ca unități de comandă în aplicații de complexitate redusă.

microprogramare, metodă de realizare a automatelor de comandă prin înscrierea programelor acestora într-o memorie. Prin **m.** se obțin microprograme, constituite din microinstrucțiuni. **M.** presupune o cunoaștere de detaliu a echipamentului căruia îi sînt destinate microprogramele. Spre deosebire de marea majoritate a altor metode de programare, instrucțiunile utilizate în **m.** conțin atît codul operației și eventualii operatori, cît și adresa instrucțiunii următoare.

minim de fază → **problema Bode**

minimizarea funcțiilor booleene operație de simplificare a unei funcții booleene întîlnită în analiza și sinteza schemelor logice, avînd drept principal scop funcționarea corectă și sigură a acestora și stabilirea necesarului minim de piese pentru implementare. Această simplificare vizează în principal: reducerea numărului de variabile ce apar în expresia funcției, reducerea numărului de elemente logice ce intervin în schema logică și folosirea de părți comune în realizarea simultană a schemelor logice descrise de un set de funcții booleene. Un rol important în **m.f.b.** îl are determinarea → **implicanților primi** și a expresiilor ce conțin implicanți primi. Uzual metodele de **m.f.b.** se împart în două categorii: metode tabelare (de ex., → **diagramă logică** *Karnaugh*, Veitch) și metode algebrice, dintre care mai cunoscute sînt metoda Quine-McCluskey, metoda Shu-Dietmayer, metoda celui mai mare divizor comun.

minimizare unidimensională, minimizarea funcției obiectiv $f: \mathcal{X} \to \mathbb{R}$ $\mathcal{X} \subset \mathbb{R}^n$, pe o direcție stabilită h_k. Ca urmare **m.u.** revine la determinarea pasului de deplasare α_k pe direcția h_k astfel încît

$$f(x_{k+1}) = f(x_k + \alpha_k h_k) = \min_{\alpha \geqslant 0} f(x_k + \alpha h_k)$$

Metodele de **m.u.** sînt de tipul cu explorare directă (metoda secțiunii de aur, căutare uniformă, metoda șirului Fibonacci etc.) sau metode de interpolare. În unele cazuri determinarea pasului α_k se face suboptimal, în sensul că pasul $\alpha_k > 0$ se consideră „acceptabil" dacă are loc inegalitatea

$$f(x_k + \alpha_k h_k) - f(x_k) < \delta \alpha_k (\nabla f(x_k), h_k)$$

unde $\delta \in \left(0, \frac{1}{2}\right)$ este un număr precizat (de ex., $\delta = 0{,}4$). Etapa de **m.u.** este prezentă practic în toate metodele de rezolvare (iterativă) a problemelor de → **programare matematică.**

mintermen → **formă canonică disjunctivă**

model, reprezentare matematică a dependenței dintre mai multe mărimi. Cînd dependența corespunde unui proces fizic realizabil, **m.** se numește → **sistem,** aceasta însemnînd implicit că între mărimile ce apar în model există o relație de cauzalitate care separă mărimile în două clase: mărimi de intrare (cauză) și mărimi de ieșire (efect). Implementarea unui **m.** pe un dispozitiv de calcul (analogic, respectiv numeric), în vederea studierii proprietăților esențiale ale acestuia (răspuns la intrări tip, performanțe, stabilitate) se numește *modelare* (analogică, respectiv numerică). Dacă **m.** reprezintă un deziderat al conducerii, el se numește **m.** *etalon*, iar conducerea este adaptivă cu **m.** *etalon*. **M.** matematice se pot deduce pe cale analitică, pe baza legilor fizice care caracterizează bilanțurile de materiale și energie pentru procesul considerat sau pe cale experimentală prin → **identificare.** Pentru exemplificare se prezintă

deducerea analitică a m. unei coloane de distilare binară (fig. M.8). Determinarea m. se va face considerînd următoarele ipoteze (simplificatoare): pe fiecare taler se realizează o amestecare perfectă; cantităţile de lichid pe talere, în refierbător şi condensator sînt constante, fie datorită construcţiei (talere cu deversare de preaplin), fie datorită reglării nivelului; presiunea în coloană este constantă; debitele de vapori şi de lichid în cele două zone ale coloanei sînt constante; cantităţile de vapori dintre talere sînt neglijabile în compara-

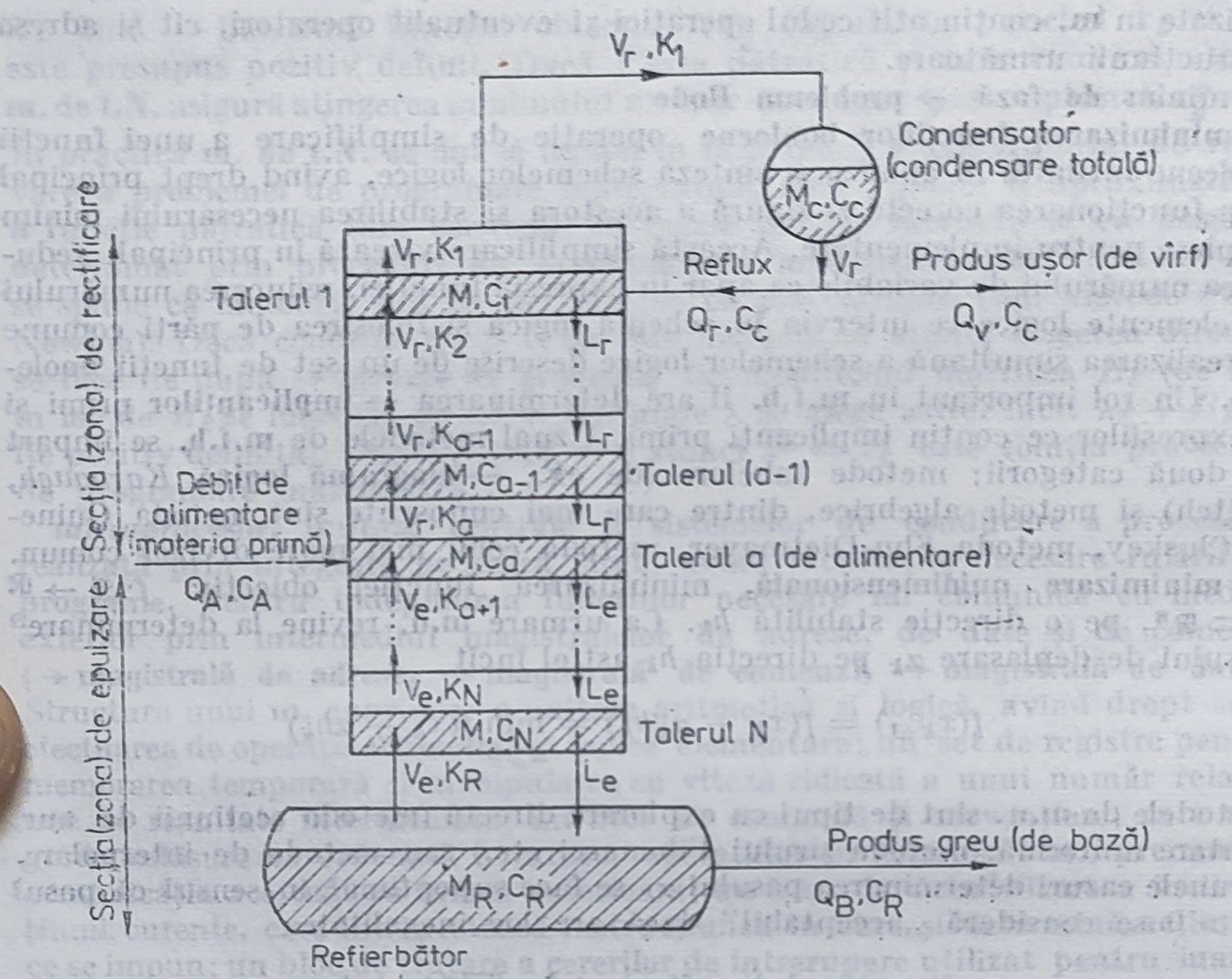


Fig. M.8. Modelul unei coloane de distilare binară:

Q_v — debitul produsului finit de vîrf [mol/min]; Q_r — debitul produsului de recirculare [mol/min]; Q_B — debitul produsului finit de bază [mol/min]; V_r — debitul de vapori în zona de rectificare [mol/min]; V_e — debitul de vapori în zona de epuizare [mol/min]; Q_A — debitul produsului de alimentare [mol/min]; L_r — debitul lichidului (de deversare) în zona de rectificare [mol/min]; L_e — debitul lichidului (de deversare) în zona de epuizare [mol/min]; M, M_C, M_R — masa de lichid de pe un taler, din condensator, respectiv din refierbător (considerate constante) [mol]; C_i, C_C, C_R, C_A — concentraţia lichidului de pe talerul i ($i = \overline{1, N}$), din condensator, refierbător, respectiv concentraţia materiei prime de alimentare; K_i: $i = \overline{1, N}$ — concentraţia vaporilor ce părăsesc talerul i.

ţie cu cantitatea de lichid aflată pe talere; vaporii se găsesc în echilibru cu lichidul de pe talere (taler ideal); volatilitatea relativă (α) a amestecurilor binare este constantă; cantitatea de lichid din deversor nu se ia în considerare; transferul de căldură interfazic este mult mai intens decît transferul de masă interfazic şi ca urmare vaporii ce părăsesc un taler au aceeaşi temperatură cu lichidul de pe taler. În aceste condiţii, scriind bilanţul de material se obţine:

— în condensator

$$M_c \cdot \frac{dC_c(t)}{dt} = V_r(t) \cdot K_1(t) - V_r(t) C_c(t) \qquad (1)$$

— pe talerul i: $i = \overline{1, (a-1)}$

$$M \frac{dC_i(t)}{dt} = V_r(t)(K_{i+1}(t) - K_i(t)) + L_r(t)\,(C_{i-1}(t) - C_i(t)) \tag{2}$$

— pe talerul de alimentare

$$M \frac{dC_a(t)}{dt} = Q_A(t)C_A(t) - L_e(t)C_a(t) + L_r(t)C_{a-1}(t) + V_e(t) \cdot K_{a+1}(t) - V_r(t)K_a(t) \tag{3}$$

— pe talerul i: $i = \overline{a+1, N}$

$$M \frac{dC_i(t)}{dt} = V_e(t)(K_{i+1}(t) - K_i(t)) + L_e(t)(C_{i-1}(t) - C_i(t)) \tag{4}$$

— în refierbător:

$$M_R \frac{dC_R(t)}{dt} = V_e(t)\,(C_R(t) - K_R(t)) + L_e(t)\,(C_N(t) - C_R(t)) \tag{5}$$

Ca urmare:

$$\begin{aligned} L_e(t) &= L_r(t) + Q_A(t) \\ V_e(t) &= V_r(t) \\ L_e(t) &= L_r(t) + Q_A(t) \\ V_e(t) &= L_e(t) + Q_r(t) \\ L_e(t) &= V_e(t) + Q_B(t) \\ K_{N+1}(t) &= K_R(t) \\ C_a(t) &= C_A(t) \\ C_0(t) &= C_c(t) \end{aligned} \tag{6}$$

Ecuațiile (1)—(6) reprezintă m. El se scrie în forma de → **sistem dinamic neliniar**, introducînd notațiile uzuale:

$$x = x_1\, x_2 \ldots x_n]^T \overset{\Delta}{=} [C_c\, C_1\, C_2 \ldots C_N C_R]^T \tag{7}$$

$$u = [u_1\, u_2\, ^T \overset{\Delta}{=} [Q_r V_e]^T \tag{8}$$

$$z = y = [y_1\, y_2]^T \overset{\Delta}{=} [C_c C_R] \tag{9}$$

$$V = [V_1\, V_2]^T \overset{\Delta}{=} [C_A Q_A]^T \tag{10}$$

și care reprezintă starea, comanda, calitatea (identică cu măsura) și respectiv perturbația. În mod uzual, acest sistem dinamic neliniar, se aproximeaz cu un sistem dinamic liniar (→ **liniarizare** a unui sistem dinamic) considerind regimul permanent $(\bar{x}, \bar{u}, \bar{v}, \bar{y})$ și față de care variațiile

$$\begin{aligned} \Delta x(t) &= x(t) - \bar{x}(t) \\ \Delta u(t) &= u(t) - \bar{u}(t) \\ \Delta v(t) &= v(t) - \bar{v}(t) \\ \Delta y(t) &= y(t) - \bar{y}(t) \end{aligned} \tag{11}$$

se consideră infiniți mici. În consecință, scriind prin abuz de notație:

$$x(t) \overset{\Delta}{=} \Delta x(t),\ y(t) \overset{\Delta}{=} \Delta y(t),\ u(t) \overset{\Delta}{=} \Delta u(t),\ v(t) \overset{\Delta}{=} \Delta v(t)$$

se obține aproximantul liniar (sistem dinamic liniar)

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) &= Ax(t) + Bu(t) + Ev(t) \\ z(t) &= y(t) = Cx(t) \end{aligned} \tag{12}$$

în care

$$A = \begin{bmatrix} -\dfrac{\bar{V}_e}{M_c} & -\dfrac{\bar{V}_e\bar{M}_1}{M_c} & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ \dfrac{\bar{L}_r}{M} & \dfrac{-\bar{V}_e\bar{M}_1 - \bar{L}_r}{M} & \dfrac{\bar{V}_e\bar{M}_2}{M} & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & \dfrac{\bar{L}_r}{M} & \dfrac{-V_e\bar{M}_2 - \bar{L}_r}{M} & \dfrac{\bar{V}_e M_3}{M} & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \dfrac{\bar{L}_r}{M} & \dfrac{-\bar{V}_e\bar{M}_3 - \bar{L}_r}{M} & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & \dfrac{-\bar{V}_e M_N - \bar{L}_r}{M} & \dfrac{\bar{V}_e\bar{M}_R}{M} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & \dfrac{\bar{L}_r}{M_R} & \dfrac{-\bar{V}_e\bar{M}_R - \bar{L}_R}{M_R} \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ \dfrac{\overline{C}_c - \overline{C}_1}{M} & \dfrac{\overline{K}_2 - \overline{K}_1}{M} \\ \dfrac{\overline{C}_1 - \overline{C}_2}{M} & \dfrac{\overline{K}_3 - \overline{K}_2}{M} \\ \dfrac{\overline{C}_2 - \overline{C}_1}{M} & \dfrac{\overline{K}_4 - \overline{K}_3}{M} \\ \vdots & \vdots \\ \dfrac{\overline{C}_{N-1} - \overline{C}_N}{M} & \dfrac{\overline{K}_R - \overline{K}_N}{M} \\ \dfrac{\overline{C}_N - \overline{C}_R}{M_R} & \dfrac{\overline{C}_R - \overline{K}_R}{M_R} \end{bmatrix}, \quad E = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ \vdots & \vdots \\ \dfrac{\overline{Q}_A}{M} & \dfrac{\overline{C}_A - \overline{C}_a}{M} \\ 0 & \dfrac{\overline{C}_a - C_{a+1}}{M} \\ \vdots & \vdots \\ 0 & \dfrac{C_{N-1} - \overline{C}_N}{M} \\ 0 & \dfrac{\overline{C}_N - \overline{C}_R}{M} \end{bmatrix} \begin{matrix} \\ \\ \\ \leftarrow \text{linia} \\ (a+1) \\ \\ \\ \\ \end{matrix} \tag{13}$$

$$C = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \ldots 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \ldots 0 & 1 \end{bmatrix}$$

unde s-a notat

$$M_i = \frac{\alpha}{[1 + (\alpha - 1)\overline{C}_i]^2}, \quad i = \overline{0, N+1} \tag{14}$$

$i = 0$ corespunde condensatorului, iar $i = N + 1$, refierbătorului.

modem (*MO*dulator — *DEM*odulator), bloc component al aparaturii pentru transmiterea automată a datelor. **M.** realizează modularea semnalului în cazul emisiei și operația inversă, demodularea, în cazul recepției. Majoritatea **m.** actuale prelucrează direct informația, în vederea transmiterii ei prin canalul de comunicație sub formă de impulsuri. În funcție de modul de organizare a transmiei, **m.** pot fi utilizate pentru comunicație sincronă sau asincronă, de tip simplex sau duplex, cu viteze de transmisie a informație între 300...9 600 bit/s. **M.** discrete se pot deosebi și după prezența sau absența corelației între semnalele de ieșire din **m.**, cînd nu există corelație între simbolurile de la intrare. Astfel, cele mai utilizate **m.** pentru canale telefonice sînt **m.** fără corelație în cod binar și cu două semnale, care lucrează la viteze de pînă la 1 200 bit/s. Pentru viteze mari (4 800 bit/s) **m.** trebuie prevăzute cu circuite pentru corecția caracteristicilor de amplitudine și de fază (egalizare automată). Considerînd că pe canal se transmit mai multe semnale, necorelate, $s_i(t)$, $i = 1, \ldots, m$, atunci **m.** se numesc optimale, dacă energia semnalelor este aceeași, adică

$$\int_0^T s_i^2(t)\mathrm{d}t = E^2, \quad 1 \leqslant j \leqslant m, \quad \text{și} \int_0^T s_i(t)s_j(t)\mathrm{d}t = -E^2$$

și, respectiv, m. cu semnale ortogonale dacă

$$\int_0^T s_i(t)s_j(t)\mathrm{d}t = 0$$

pentru $i \neq j$.

modulație, proces de variație în timp a parametrilor unui semnal (purtător) în raport cu valorile curente ale unui alt semnal (modulator). **M.** este descrisă matematic prin definirea funcției ce caracterizează semnalul purtător: $p = p(\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_n, t)$ și a dependenței funcționale a parametrilor $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_n$ de semnalul modulator $m(t)$ care le produce variația. Cele mai frecvent întîlnite semnale purtătoare sînt de tip periodic sinusoidal (**m.** *armonică)* sau tren de impulsuri (**m.** *de impuls)*. Astfel, pentru o purtătoare sinusoidală $p(t) = A \sin(\omega t + \varphi)$ parametrii ce pot fi modulați sînt amplitudinea (**m.** *în amplitudine — MA)*, frecvența (**m.** *în frecvență — MF)* și faza (**m.** *în fază — MP)*, expresiile semnalelor modulate fiind:

$$p(t)_{MA} = A[1 + m(t)] \sin(\omega t + \varphi)$$

$$p(t)_{MF} = A \sin\left[\omega t + \omega_\alpha \int_0^t m(\tau)\mathrm{d}\tau + \varphi\right]$$

$$p(t)_{MP} = A \sin[\omega t + \varphi_\alpha m(t)]$$

În aceste relații $m(t)$ poate avea o variație continuă sau discretă de la -1 la 1, ω_α reprezintă diferența dintre pulsația instantanee a semnalului modulat și pulsația purtătoarei, iar φ_α diferența între faza instantanee a semnalului modulat și faza purtătoarei. *MA* poartă numele de **m.** liniară deoarece între funcția modulatoare și semnalul modulat este o dependență liniară (ce produce o translație a spectrului mesajului pe axa frecvențelor). *MF* și *MP* poartă numele de **m.** exponențială, deoarece spectrul semnalului modulat suferă transformări care implică multiplicarea cu funcții exponențiale. În cazul **m.** de impuls, în funcție de parametrii ce pot fi modificați, se disting **m.** în amplitudine a impulsurilor *(MIA)*, **m.** în frecvență a impulsurilor *(MIF)*, **m.** în poziție a impulsurilor *(MIP)* și **m.** în durată a impulsurilor *(MID)*. Acești parametri pot fi modulați în mod continuu, odată cu mesajul, sau după ce acesta a fost în prealabil cuantizat în nivel, situație în care **m.** se numește m. în cod de impulsuri *(MIC)*. Pentru o purtătoare $p(t) = A \sum_{n=0}^{\infty} [u_{-1}(t - nT - \theta_0) - u_{-1}(t - nT - \theta_0 - \tau)]$ în care $u_{-1}(t)$ este funcția treaptă unitară, A — amplitudinea, T — perioada, τ — lățimea și θ_0 — faza inițială (poziția) impulsurilor, expresiile semnalelor modulate cu funcția modulatoare $m(t)$ vor fi:

$$p(t)_{MIA} = A[1 + m(t)] \sum_{n=0}^{\infty} [u_{-1}(t - nT - \theta_0) - u_{-1}(t - nT - \theta_0 - \tau)]$$

$$p(t)_{MIF} = A \sum_{n=0}^{\infty} [u_{-1}(t-t_n-\theta_0)-u_{-1}(t-t_n-\theta_0-\tau), \text{ cu } t_n = \sum_{k=0}^{n-1} T[m(t_k)]$$

$$p(t)_{MIP} = A \sum_{n=0}^{\infty} [u_{-1}(t-nT-\theta_0)-u_{-1}(t-nT-\theta_n-\tau), \text{ cu } \theta_n = \theta[m(nT)]$$

$$p(t)_{MID} = A \sum_{n=0}^{\infty} [u_{-1}(t-nT-\theta_0)-u_{-1}(t-nT-\theta_0-\tau_n) \text{ cu } \tau_n = \tau[m(nT)]$$

În fig. M.9 sînt prezentate formele de undă ale semnalelor modulate în purtătoare sinusoidală (*a*) și tren de impulsuri (*b*) de un semnal modulator binar. Principalele aplicații ale **m.** se întîlnesc în tehnica transmiterii la distanță a semnalelor pe canale perturbate, cu scop de protejare a conținutului informațional, realizate fizic cu dispozitive de tip →**modem. M.** se întîlnește, de asemenea, în dispozitive de automatizare care utilizează amplificatoare de curent continuu cu modulare — demodulare, ce permit obținerea unor valori reduse ale derivei și realizarea unei separări galvanice între circuitul de prelucrare a semnalului și cel de furnizare a semnalului util în scheme de automatizare.

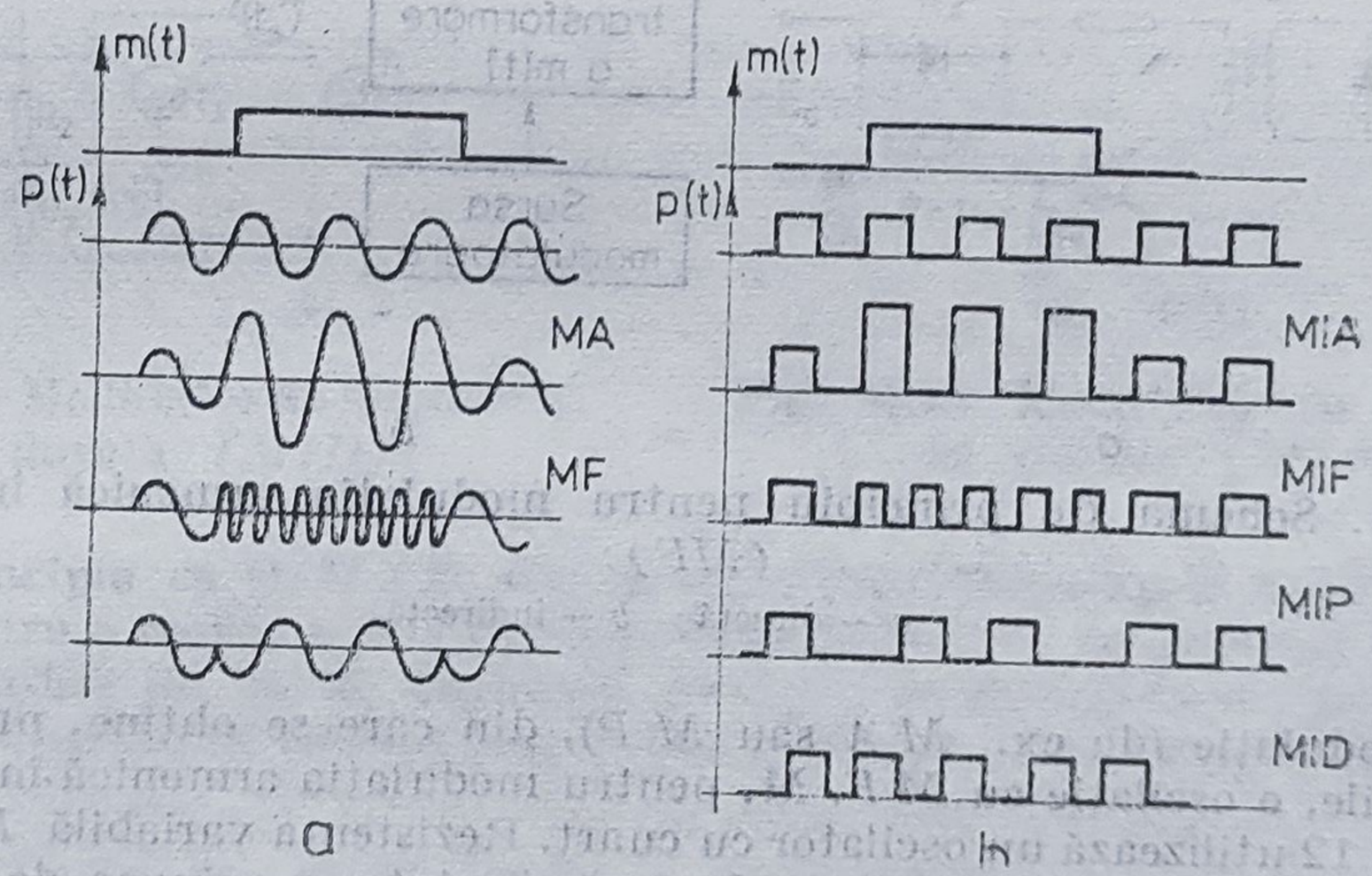


Fig. M.9. Exemple de modulație cu semnal binar:
a — cu purtătoare sinusoidală. *b* — cu tren de impulsuri.

modulator, dispozitiv cu ajutorul căruia se realizează → **modulația.** Principalele tipuri de **m.** sînt: **m.** *pentru modulația armonică* și **m.** *de impulsuri.* **M.** pentru modulația armonică sînt realizate cu elemente neliniare de circuit (tuburi, tranzistoare) și redau la ieșire oscilații de pulsație $\omega_0 \pm k\omega_m$, $k = 1, 2, 3, \ldots$, unde ω_0, ω_m sînt, respectiv, pulsația semnalului purtător $p(t)$ și a semnalului modulator, $m(t)$. **M.** pentru modulația armonică în amplitudine (*MA*) realizate cu tranzistoare reprezintă etaje amplificatoare de putere la care, din considerente energetice, regimul de funcționare este în clasa *C*. Parametrii schemei se aleg astfel încît să se obțină o dependență cît mai liniară între amplitudinea fundamentalei curentului de la ieșire și mărimea semnalului $m(t)$, care acționează asupra tensiunii de polarizare a unuia dintre

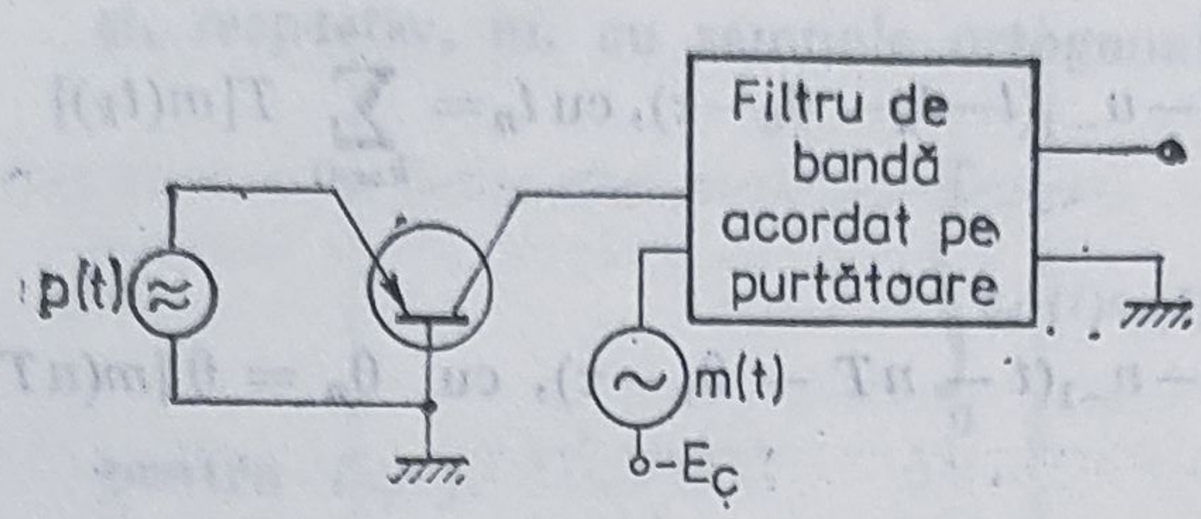


Fig. M.10. Schema de principiu a unui modulator armonic în amplitudine *(MA)*.

electrozi. În fig. M.10 se prezintă un **m.** armonic cu *M A* realizat cu element neliniar tranzistorizat, cu modulaţie în colector. **M.** pentru modulaţia armonică în frecvenţă *(M F)* se bazează pe metode directe, fig. M.11, *a* sau indirecte de modulare, fig. M.11, *b*. La **m.** cu *M F* directă semnalul *m(t)* acţionează asupra parametrilor care determină frecvenţa unui oscilator care generează semnalul *p(t)*. **M.** cu *M F* indirectă realizează întîi o oscilaţie cu un alt

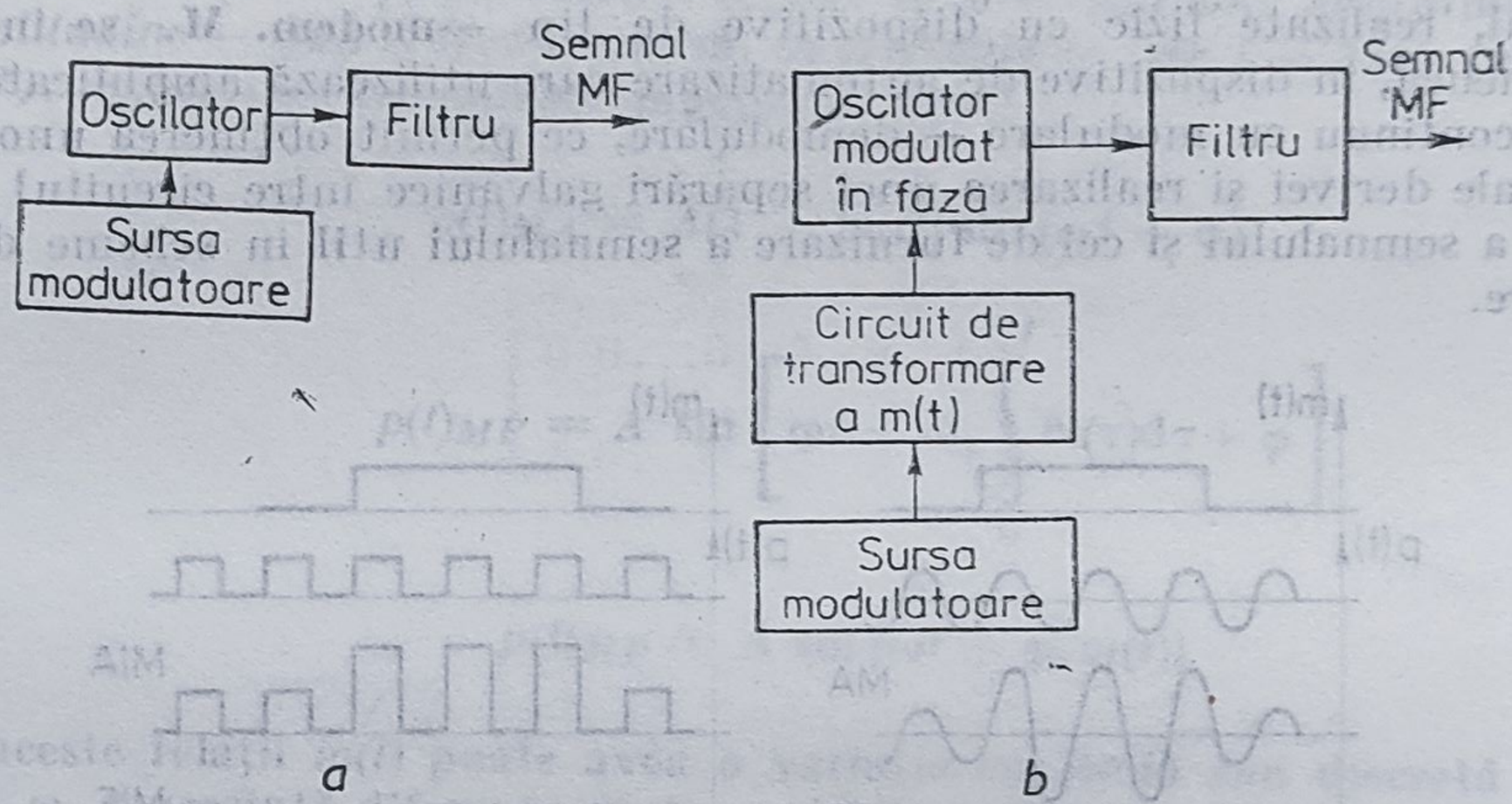


Fig. M.11. Schema de principiu pentru modulaţia armonică în frecvenţă *(MF)*:

a — directă; *b* — indirectă.

tip de modulaţie (de ex., *M A* sau *M P*), din care se obţine, prin procedee convenabile, o oscilaţie cu *M F*. **M.** pentru modulaţia armonică în fază (*M P*) din fig. M.12 utilizează un oscilator cu cuarţ. Rezistenţa variabilă *R* este funcţie de semnalul *m(t)*. Diferenţa de fază θ_p între tensiunea de ieşire E_x a oscilatorului cu cuarţ şi tensiunea E_r culeasă de pe *R* este dată de relaţia $\theta_p = \text{arctg}\ (X/R)$, $X = \dfrac{1}{\omega_x C}$, cu ω_x pulsaţia cristalului de cuarţ. **M.** de impulsuri se clasifică în: **m.** de impulsuri cu modulaţie continuă, la care semnalul *m(t)* este eşantionat şi care realizează — *M I A*, *M I F*, *M I P*, *M I D*, şi **m.** de impulsuri cu modulaţie discontinuă, la care semnalul *m(t)* este eşantionat şi eşantioanele cuantizate (**m.** de impulsuri în cod — *M I C* sau delta —

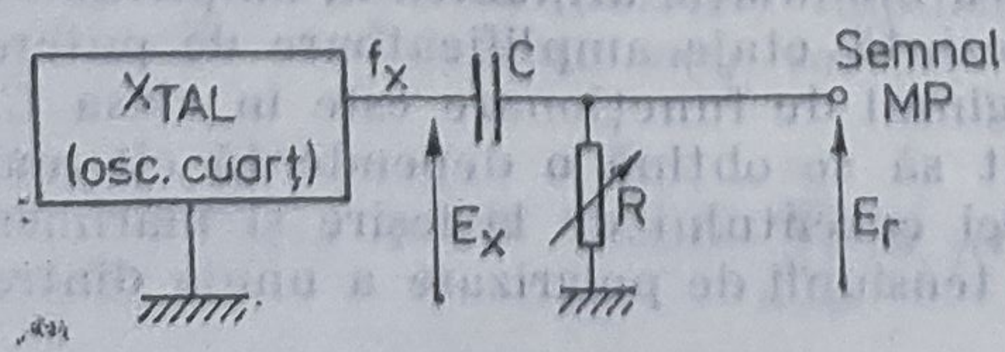


Fig. M.12. Schemă de principiu pentru modulaţia armonică în fază *(MP)*.

M I Δ). La **m.** de impulsuri în amplitudine *M I A*, succesiunea de impulsuri nemodulate $p(t)$ se aplică unui limitator al cărui prag de limitare este variabil, fiind comandat de semnalul modulator, $m(t)$. În fig. M.13 este prezentat un **m.** de impulsuri tip *M I A* cu poartă comandată. La **m.** de impulsuri în durată (*M I D*), trenul de impulsuri $p(t)$ se aplică unui sistem de întîrziere variabilă cu comparator. Pragul de comparare este comandat de semnalul $m(t)$, ca în fig. M.14. **M.** de impulsuri în poziție (*M I P*) se realizează după

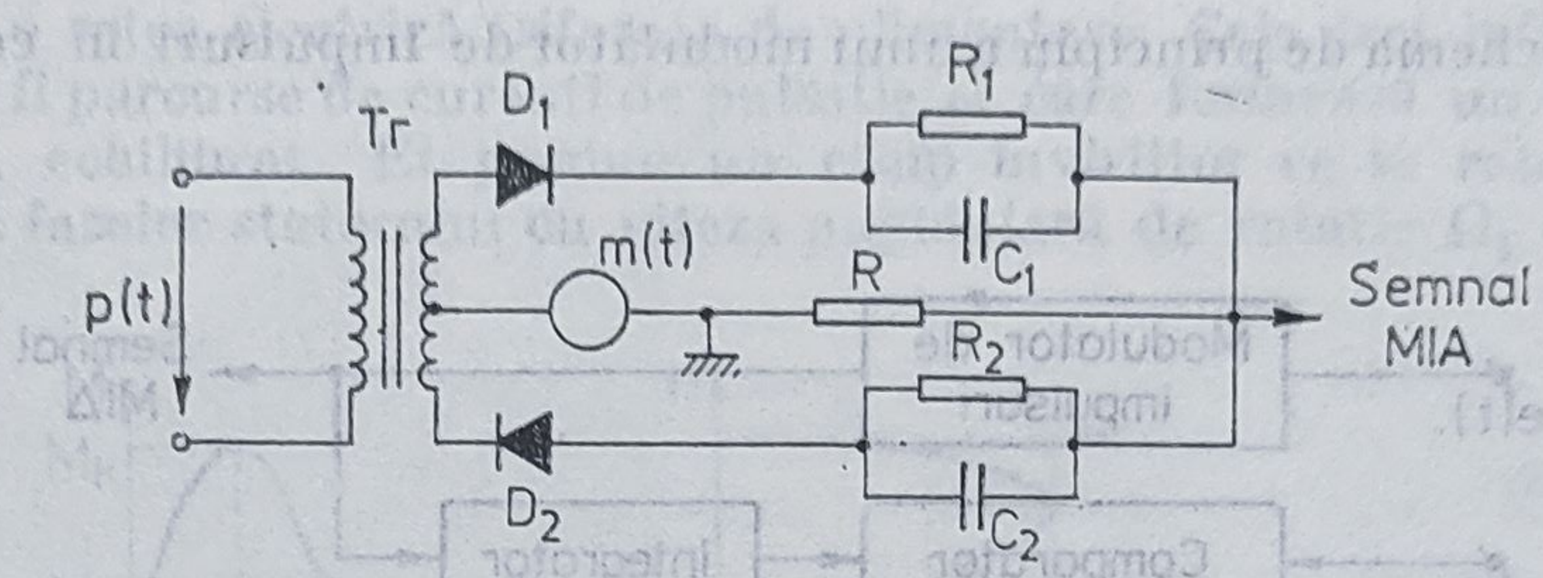


Fig. M.13. Modulator în impulsuri (*MIA*).

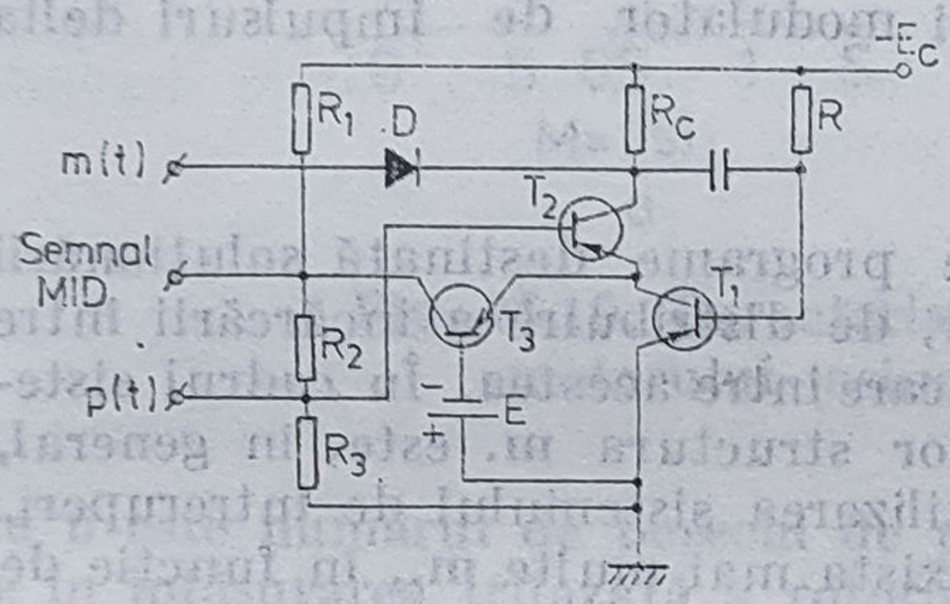


Fig. M.14. Modulator de impulsuri în durată (*MID*).

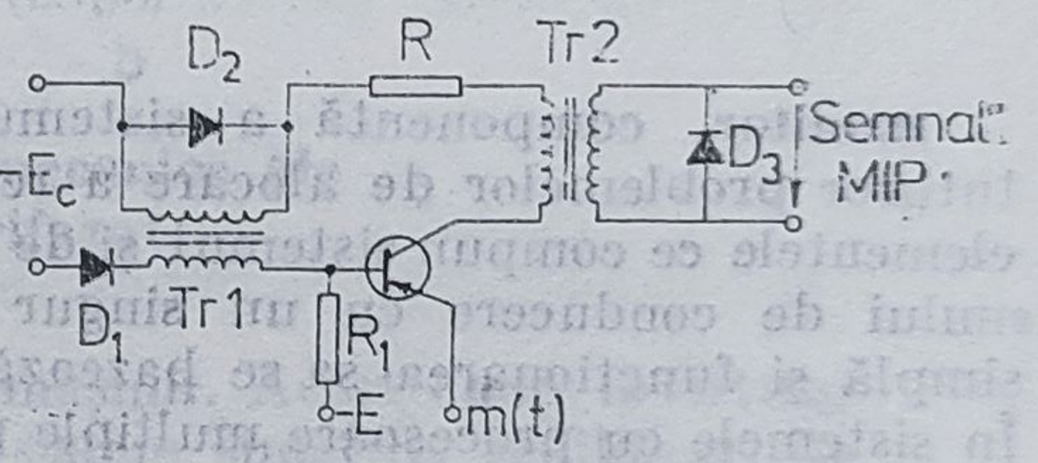


Fig. M.15. Modulator de impulsuri în poziție (*MIP*).

același principiu ca și *M I D*, dar se rețin doar momentele comparării (fig. M.15). Pentru a realiza o *M I F*, conform diagramei de semnal din fig. M.9, *b* se poate utiliza un **m.** de impulsuri numeric, ce utilizează un multiplicator (binar sau decadic) de ritmuri (fig. M.16). La **m.** de impulsuri în cod (*M I C*)

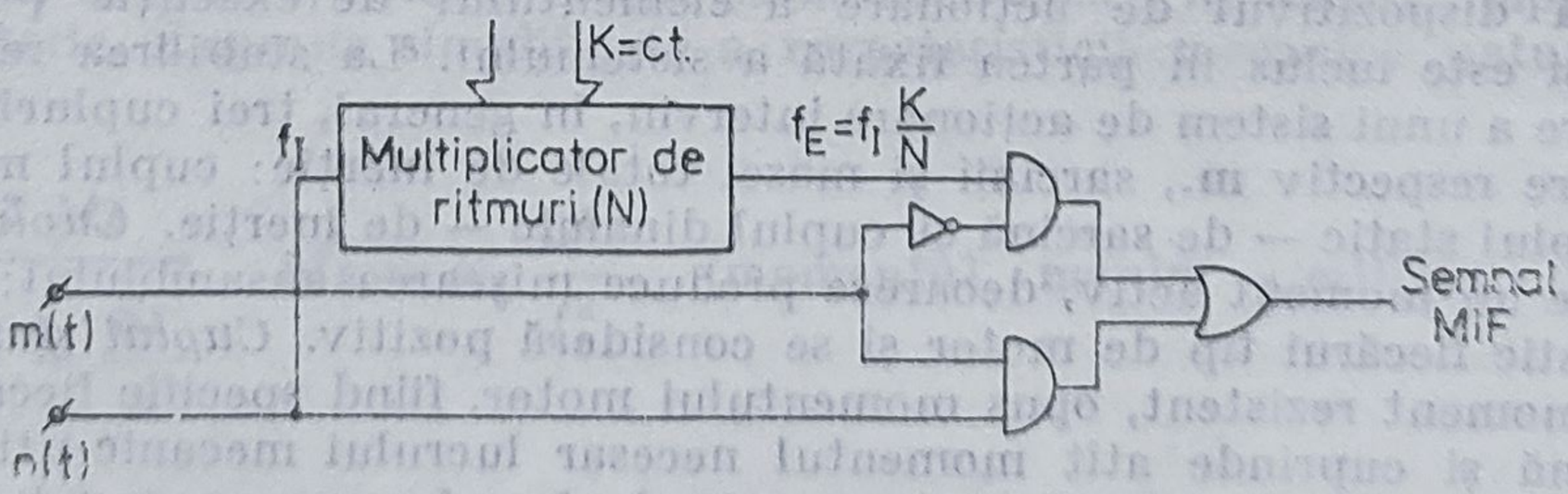


Fig. M.16. Schema de principiu a unui modulator de impulsuri în fază (*MIF*).

valorile cuantizate ale eșantioanelor semnalului $m(t)$ sînt transmise în cod binar natural (sau alt cod binar). Schema unui **m.** în impulsuri de tip *M I C* este dată în fig. M.17. **M.** de impulsuri delta (*M I Δ*) compară eșantioanele cuantizate ale semnalului modulator $m(t)$ și se transmite semnul diferenței, exprimat în cod binar. Schema bloc a *M I Δ* este redată în fig. M.18.

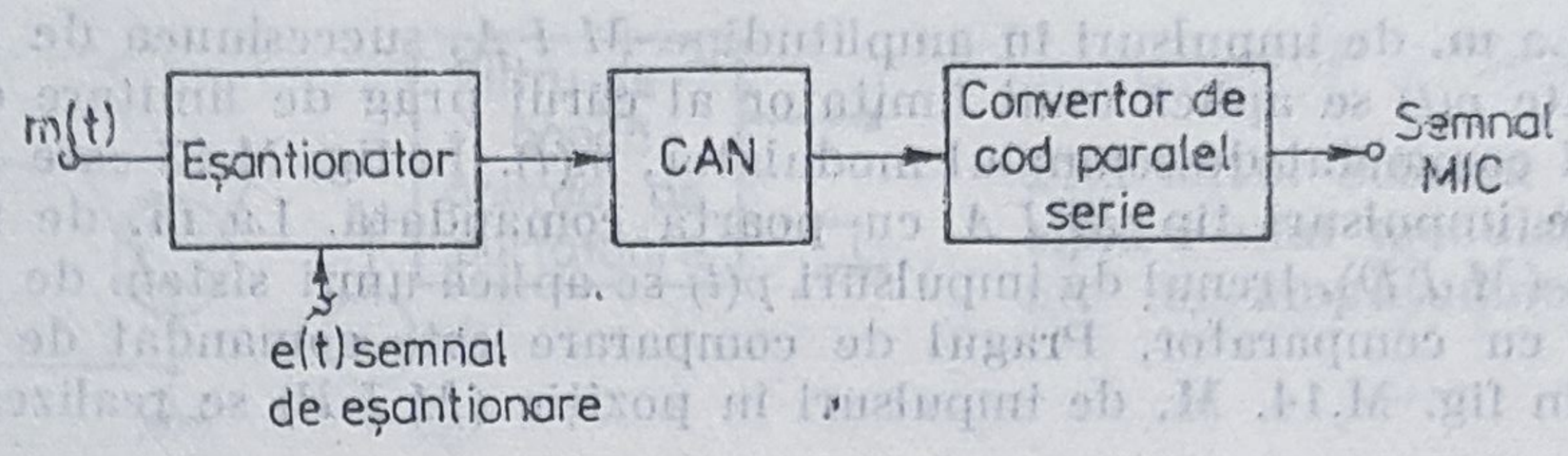


Fig. M.17. Schema de principiu a unui modulator de impulsuri în cod *(MIC)*

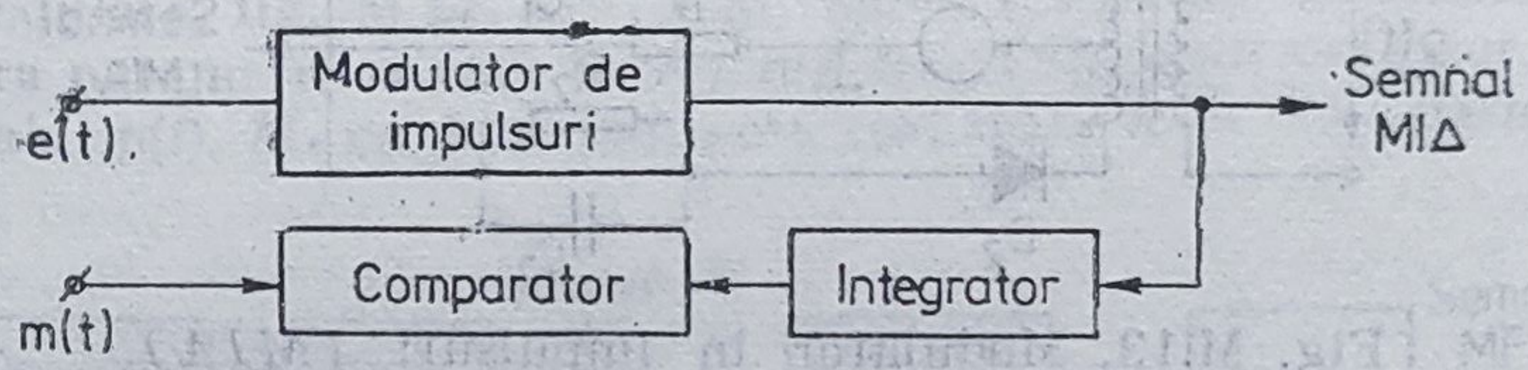


Fig. M.18. Schema de principiu a unui modulator de impulsuri delta *(MIΔ)*.

monitor, componentă a sistemului de programe destinată soluționării tuturor problemelor de alocare a resurselor, de distribuire a încărcării între elementele ce compun sistemul și de comunicare între acestea. În cadrul sistemului de conducere cu un singur procesor structura **m.** este, în general, simplă și funcționarea sa se bazează pe utilizarea sistemului de întreruperi. În sistemele cu procesoare multiple pot coexista mai multe **m.**, în funcție de resursele sistemului, a căror activitate este sincronizată prin mecanisme de tip semafor, necesare traversării sigure a zonelor critice de către procesele sistemului.

motor, element de acționare (mașină de forță) care preia o formă de energie, transformînd-o în energie mecanică a unor corpuri aflate în mișcare. Principalele tipuri de **m.** sînt prevăzute cu rotor (la care mecanismul motor are o mișcare de rotație) sau cu piston (la care mecanismul motor are o mișcare rectilinie — alternativă sau rotativă). În sistemele automate, **m.** reprezintă dispozitivul de acționare a elementului de execuție (→ **servomotor**), și este inclus în partea fixată a sistemului. La stabilirea regimului de mișcare a unui sistem de acționare intervin, în general, trei cupluri, corespunzătoare respectiv **m.**, sarcinii și masei totale de inerție: cuplul motor — activ, cuplul static — de sarcină și cuplul dinamic — de inerție. *Cuplul motor* (M_m) este un moment activ, deoarece produce mișcarea ansamblului; el este caracteristic fiecărui tip de motor și se consideră pozitiv. *Cuplul static* (M_s) este un moment rezistent, opus momentului motor, fiind specific fiecărui tip de sarcină și cuprinde atît momentul necesar lucrului mecanic util, cît și momentul de frecare mecanică (frecare în lagăre, frecare cu aerul); M_s se consideră negativ. *Cuplul dinamic* (M_d) este un moment rezistent, prin care masele în mișcare se opun variațiilor de viteză. Acest cuplu se consideră negativ în regim de accelerare și pozitiv în regim de frînare. Ecuația fundamentală a mișcării stabilește echilibrul cuplurilor M_m, M_s, M_d:

$$M_m - M_s - M_d = 0$$

Alegerea **m.** cu care sînt echipate elementele de execuţie se face în funcţie de diagrama de sarcină (caracteristica mecanică) a acestor elemente. Caracteristica mecanică a sarcinii reprezintă dependenţa dintre cuplul static şi una din următoarele mărimi: viteza, unghiul de rotaţie, spaţiul sau timpul. După forma de energie pe care o convertesc în energie mecanică, motoarele utilizate în sistemele de reglare a proceselor industriale pot fi: electrice, hidraulice, pneumatice, termice.

motor asincron trifazat, motor electric a cărui înfăşurare trifazată statorică este conectată la o reţea electrică trifazată de alimentare. Cele trei înfăşurări ale statorului vor fi parcurse de curenţi de pulsaţie ω care formează un sistem trifazat simetric, echilibrat. Ei produc un cîmp învîrtitor ce se roteşte în sensul succesiunii fazelor statorului cu viteza unghiulară de rotaţie $\Omega_1 = \omega/p$.

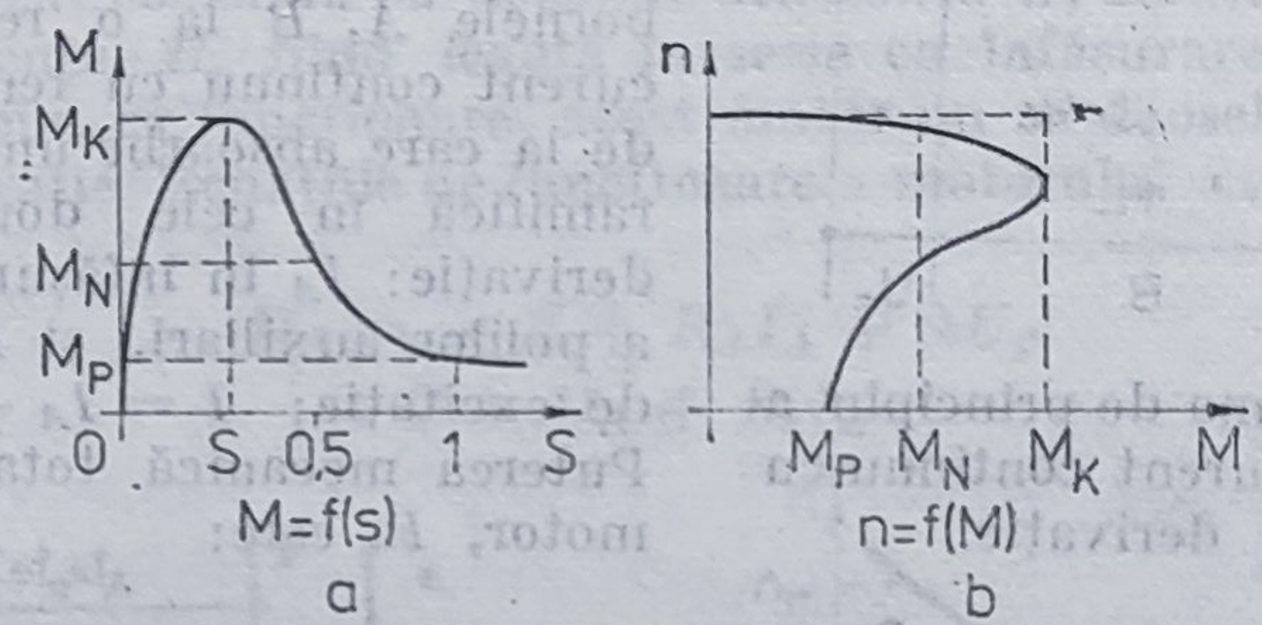


Fig. M.19. Caracteristicile mecanice ale motorului asincron trifazat.

în care p este numărul de perechi de poli ai maşinii. Acest cîmp învîrtitor induce în înfăşurarea trifazată a rotorului un sistem simetric, echilibrat, de trei tensiuni electromotoare, de pulsaţie $\omega_2 = p\Omega_1 = \omega_1$. Dacă înfăşurările de fază ale rotorului sînt conectate în scurtcircuit cele trei tensiuni electromotoare induse vor produce trei curenţi care formează un sistem trifazat simetric, echilibrat, de curenţi de pulsaţie ω_2. Sensul succesiunii fazelor la periferia rotorului va fi determinat de sensul de rotaţie a cîmpului învîrtitor statoric (cîmpul inductor) şi va coincide cu el. Rotorul va fi solicitat de un cuplu electromagnetic M în sensul succesiunii fazelor sale (sensul cîmpului învîrtitor statoric). Dacă acest cuplu este suficient de mare pentru a învinge cuplul rezistent la arbore, rotorul începe să se învîrtească în sensul cîmpului învîrtitor statoric. Expresia simplificată a caracteristicii mecanice naturale a **m.a.t.** este:

$$M = \frac{2\,M_k}{\dfrac{S}{S_k} + \dfrac{S_k}{S}} \qquad M_k = K_1 \frac{U^2}{f_1^2} \quad \text{(momentul maxim — critic)}$$

$$S_k = K_2 \frac{R_2^2}{f_1} \quad \text{(alunecarea critică)}$$

$$S = \frac{n_0 - n}{n_0} \quad \text{(alunecarea)}$$

în care K_1, K_2 sînt constante ale **m.a.t.**; U este tensiunea de alimentare pe fază a statorului; f_1 — frecvența tensiunii de alimentare; R_2 — rezistența înfășurării rotorice; n_0 — turația de sincronism; n — turația motorului. **M.a.t.** are un cuplu de pornire M_p (la pornire $S = 1$) relativ scăzut, mai mic decît cuplul nominal M_k. Dacă cuplul rezistent este mai mic decît cuplul de pornire (ex. mașini unelte care pornesc în gol) **m.a.t.** se accelerează treptat, cuplul crește pînă la valoarea maximă M_N, apoi scade pînă ajunge la o valoare egală cu cuplul rezistent. Caracteristica mecanică $n = f(M)$ (fig. M.19, *b*) rezultă din caracteristica $M = f(S)$ (fig. M.19, *a*). În zona stabilă de funcționare viteza variază foarte puțin. **M.a.t.** are o caracteristică mecanică dură, fiind utilizat la mașini unelte, pompe, compresoare.

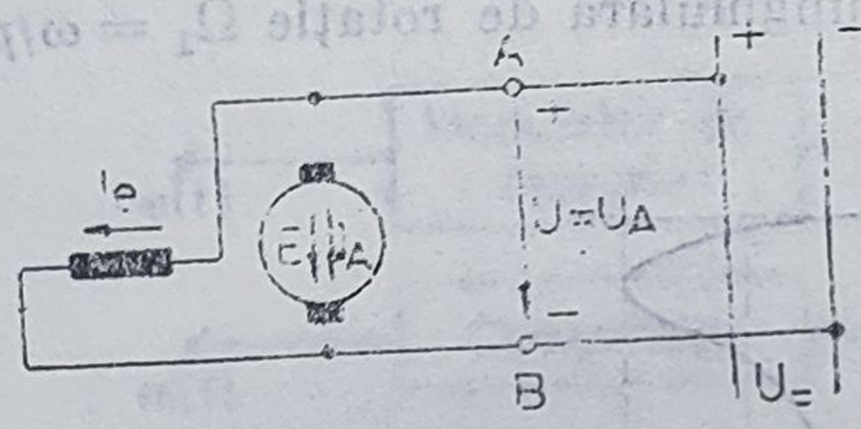


Fig. M.20. Schema de principiu a unui motor de curent continuu cu excitație derivație.

motor de curent continuu cu excitație derivație, motor conectat prin bornele A, B la o rețea electrică de curent continuu cu tensiune constantă, de la care absoarbe un curent I care se ramifică în cele două înfășurări în derivație: I_A în înfășurarea rotorului și a polilor auxiliari, și I_e în înfășurarea de excitație; $I = I_A + I_e$ (fig. M.20). Puterea mecanică totală dezvoltată de motor, P, este:

$$P = M\Omega = \frac{p}{a} \cdot N \cdot n \cdot I_A \cdot \Phi = -EI_A$$

fiind determinată de cuplul motorului, M, rezultat din interacțiunea cîmpurilor indusului și de excitație: $M = C_m \cdot I_A \cdot \Phi$, cu $C_m = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{p}{a} \cdot N$ constantă mecanică specifică, în care, p este numărul de perechi de poli ai motorului; Φ—fluxul de pol; a—numărul de căi de curent cu care este bobinat indusul, formate din N conductoare; E — tensiunea electromotoare indusă în rotor; Ω — viteza unghiulară a rotorului motorului. Caracteristica mecanică $n = f(M)$, la I_e = ct., U_A = ct. $= U_{AN}$ (fig. M.21) are aceeași alură cu carac-

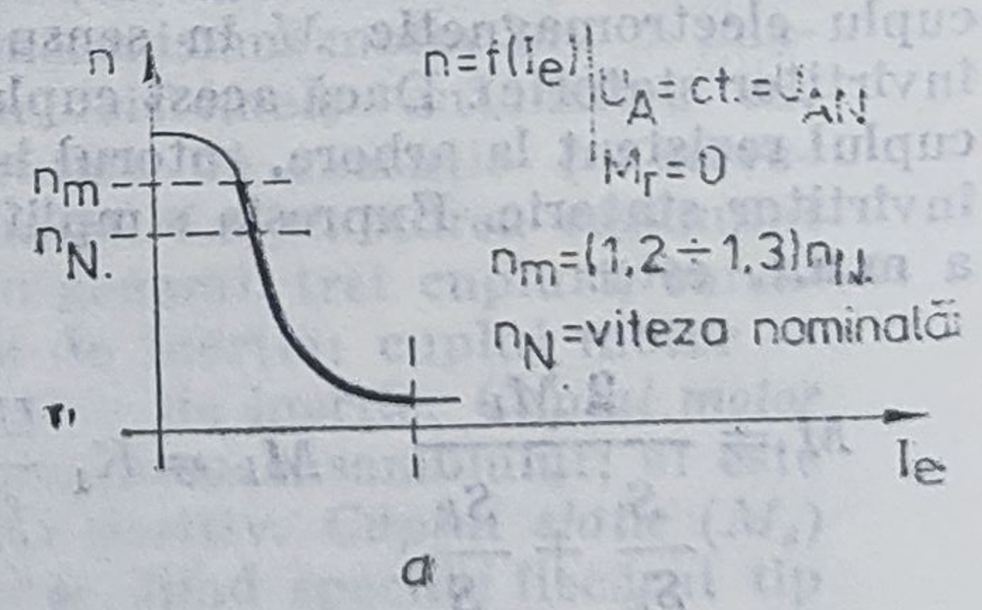
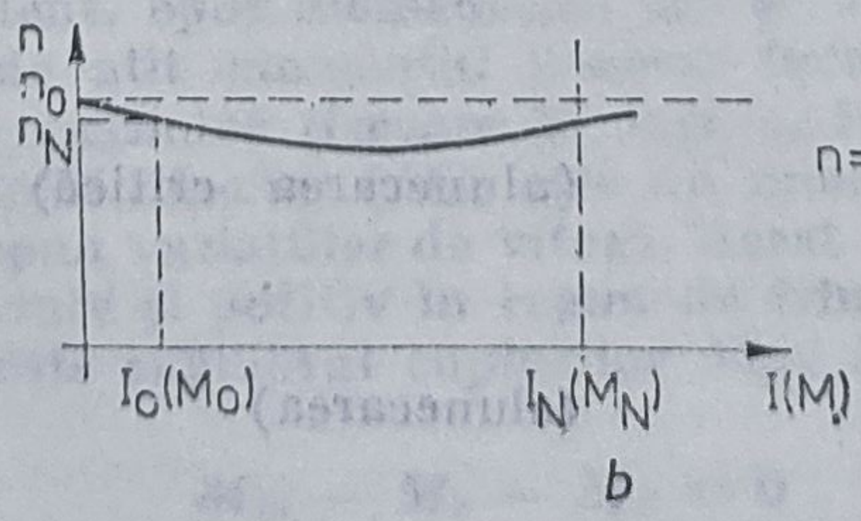


Fig. M.21. Caracteristicile mecanice ale motorului cu excitație derivație:
a — caracteristica vitezei la mersul în gol; *b* — caracteristica vitezei la mersul în sarcină.



teristica vitezei la mersul în sarcină. Caracteristica mecanică, în care viteza de rotaţie scade foarte puţin la mersul în sarcină faţă de mersul în gol se denumeşte caracteristică dură, limitînd utilizarea acestui tip de motor numai la acele instalaţii care necesită viteză de rotaţie practic constantă , independent de sarcină (maşini unelte, laminoare, pompe hidraulice, compresoare).

motor de curent continuu cu excitaţie mixtă, motor electric de curent continuu pe ai cărui poli magnetici sînt bobinate două înfăşurări conectate una în serie şi cealaltă în derivaţie cu indusul. Înfăşurările de excitaţie pot avea un efect adiţional sau diferenţial în producerea fluxului motorului. Caracteristica mecanică este mai rigidă decît o caracteristică de motor serie şi mai suplă decît o caracteristică de motor derivaţie de aceeaşi putere.

motor de curent continuu cu excitaţie serie, motor electric alimentat de la reţeaua de curent continuu cu tensiune constantă U, înfăşurarea de excitaţie avînd rezistenţa R_e fiind legată în serie cu înfăşurarea indusului (fig M.22). În principiu, ca funcţionare, acest motor nu se deosebeşte de motorul cu excitaţie derivaţie. Ecuaţiile de funcţionare a motorului cu excitaţie serie sînt:

$$U_A = -E + R_A I_A + \Delta U_p$$

$$U = U_A + R_e I_A$$

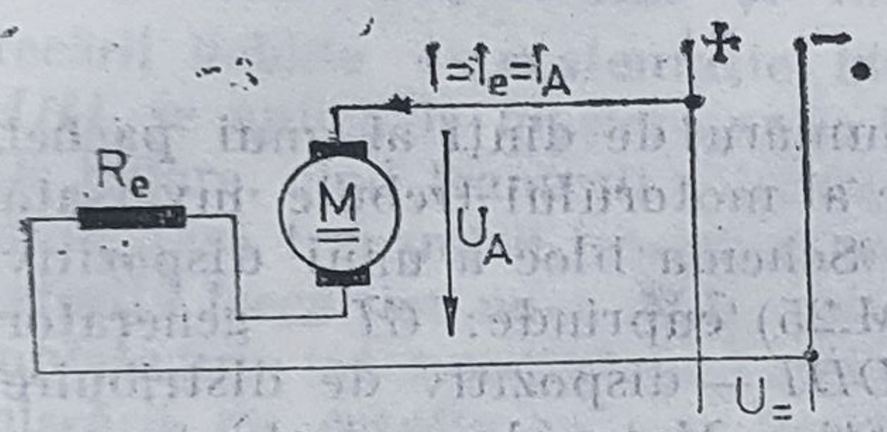


Fig. M.22. Schema de principiu a unui motor de curent continuu cu excitaţie serie.

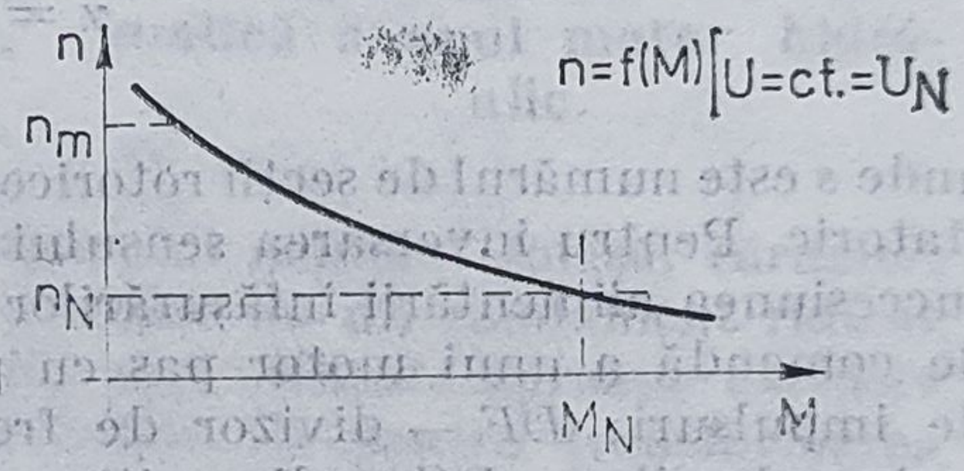


Fig. M.23. Caracteristica mecanică a motorului de curent continuu cu excitaţie serie.

Ecuaţiile de cupluri şi bilanţul de puteri sînt identice cu cele ale motorului cu excitaţie derivaţie. Caracteristica mecanică este rapid căzătoare (caracteristică „elastică" sau moale), (fig. M.23). Puterea mecanică cedată pe la arbore instalaţiei antrenate este practic constantă, indiferent de valoarea cuplului rezistent ($M_T \cdot \Omega =$ ct.), ceea ce impune utilizarea acestui motor la instalaţiile de ridicat (macarale, ascensoare) şi în tracţiunea electrică.

motor electric, motor care transformă puterea electrică primită de la o reţea electrică în putere mecanică prin intermediul cîmpului electromagnetic. **M.e.** de curent continuu este încă cel mai utilizat în acţionările reglabile. O serie de măsuri constructive permit folosirea **m.e.** de curent continuu în game largi de turaţie, alimentarea lor de la surse cu tensiune deformată, inversarea rapidă a curentului şi a cuplului şi folosirea redresoarelor comandate. Apariţia diodelor cu siliciu şi a tiristoarelor a permis realizarea unor convertizoare statice de frecvenţă care au impus folosirea în măsură din ce în ce mai mare a **m.e.** de curent alternativ, fără pierderi de energie.

motor electric pas cu pas, motor comandat în impulsuri electrice, care constă dintr-un rotor dinţat la periferie, fără bobinaj, şi un stator cu acelaşi număr de dinţi, bobinat astfel încît dinţii să formeze poli alternanţi. Acest motor lucrează pe principiul reluctanţei minime, adică poziţia de echilibru stabil a rotorului este aceea în care dinţii statorului şi ai rotorului sînt faţă

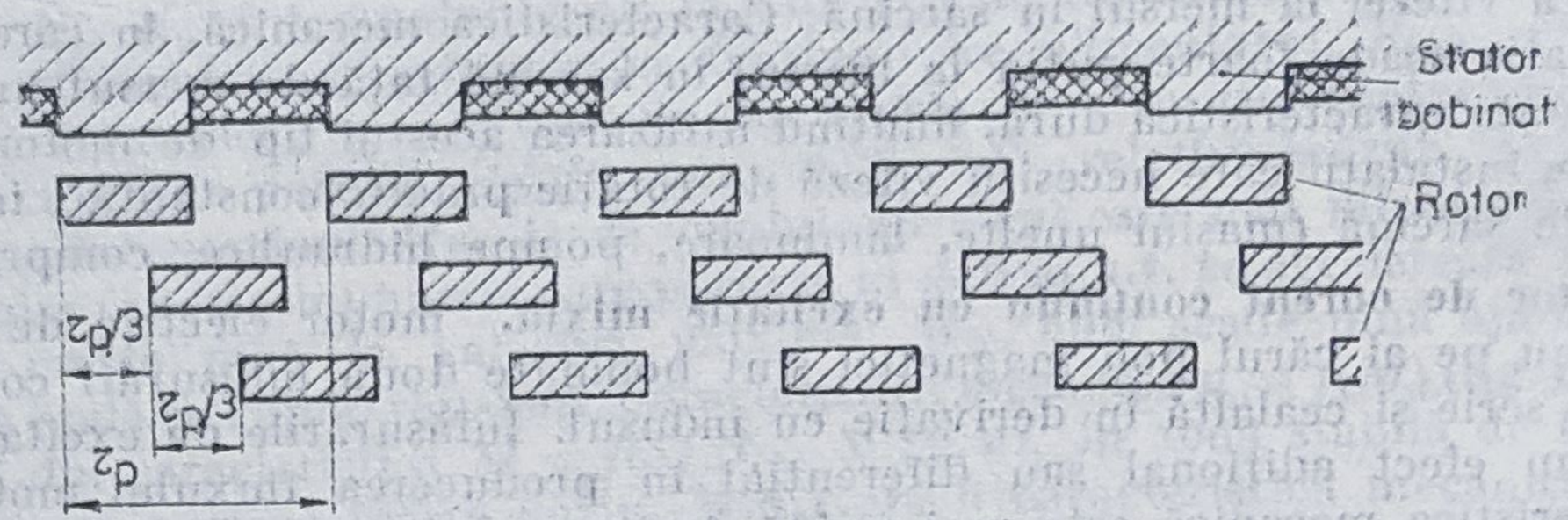


Fig. M.24. Reprezentare desfășurată a poziției dintre polii statorului și ai rotorului motorului electric pas cu pas cu 3 secții rotorice.

în față (fig. M.24). Dacă se montează pe un același ax n pachete rotorice cu pasul dintelui τ_p, iar pachetele sînt decalate între ele cu τ_p/n și dacă se excită succesiv înfășurările celor n pachete statorice corespunzătoare, nedecalate, atunci axul motorului se rotește de fiecare dată cu τ_p/n. Incrementul unghiular α la un motor de acest tip este:

$$\alpha = \frac{1}{s} \cdot \frac{360}{z}$$

unde s este numărul de secții rotorice, iar z — numărul de dinți ai unui pachet statoric. Pentru inversarea sensului de rotație al motorului trebuie inversată succesiunea alimentării înfășurărilor statorice. Schema bloc a unui dispozitiv de comandă a unui motor pas cu pas (fig. M.25) cuprinde: GI — generator de impulsuri; DF — divizor de frecvență; DDI — dispozitiv de distribuire a impulsurilor; DC — dispozitiv de comutație. Motorul nu poate furniza un cuplu suficient la frecvențe foarte mari (de ex., nu poate efectua deplasări

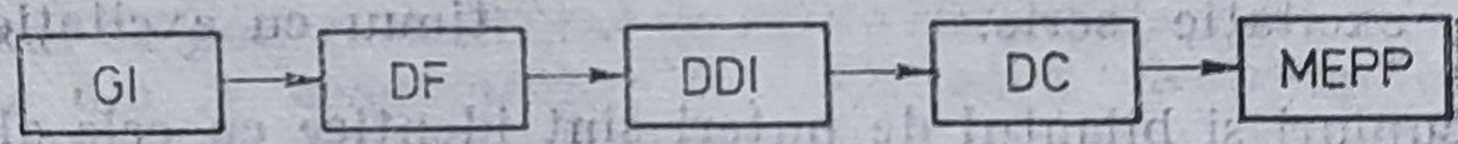


Fig. M.25. Schema funcțională de comandă a motorului electric pas cu pas.

rapide la mașini-unelte). Cuplul său scade cu creșterea turației, iar frecvențele de pornire și oprire, ca și frecvența maximă, sînt dependente de sarcină și de momentele de inerție. Dacă este comandat corect în frecvență (conform diagramei $C_u = \varphi(f)$, motorul poate fi conectat în bucla deschisă a unui sistem de reglare a poziției. Caracteristica cuplu util-frecvența impulsurilor de alimentare $C_u = \varphi(f)$ a unui motor pas cu pas (cu: C_1 — curba limită de funcționare; C_2 — curba limită de demarare; f_m — frecvența maximă de demarare în gol; f_M — frecvența maximă de lucru la mers în gol) este prezentată în fig. M.26. **M.e.p. cu p.** se utilizează frecvent la acționări de a vans

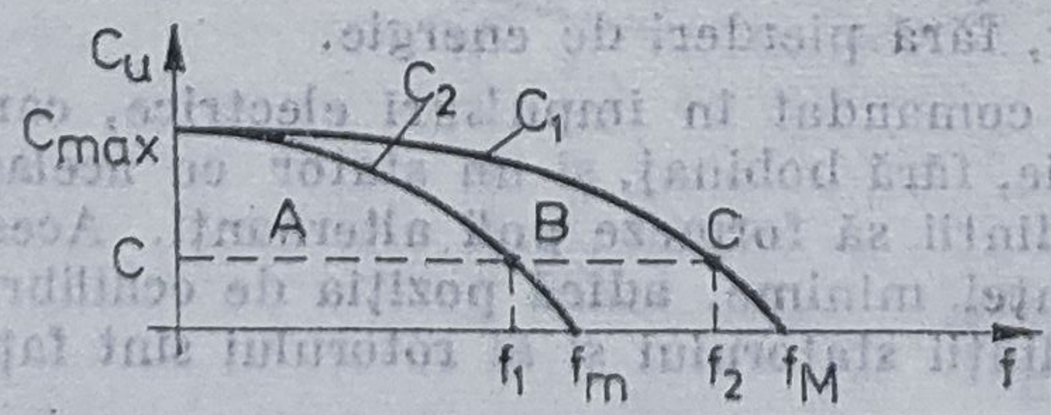


Fig. M.26. Dependența cuplului motorului electric pas cu pas de frecvența impulsurilor.

la mașini-unelte cu comandă numerică (cu amplificator de cuplu), la periferice în sisteme de calcul: cititor de bandă, perforator de bandă, și în general în sisteme numerice pentru automatizare.

motor hidraulic, motor care folosește ca agent de lucru un lichid sub presiune, de obicei uleiul. Din punct de vedere constructiv **m.h.** nu diferă principial de → **motoarele pneumatice** Se construiesc **m.h.** cu membrană (fig. M.27), cu piston cu simplu și dublu efect, cu piston și distribuitor. Față de motoarele pneumatice, **m.h.** prezintă următoarele avantaje: dezvoltă forțe de acționare mult mai mari la aceleași gabarite și au o acțiune mai rapidă (uleiul este practic incompresibil). Construcția **m.h.** *liniare* (*MHL*) necesită luarea unor măsuri deosebite pentru obținerea caracteristicilor impuse: utilizarea garniturilor speciale de etanșare, atît la piston cît și la tijă, introducerea de canale circulare de egalizare a presiunii și introducerea frecării lichide cu sustentație hidrostatică. *MHL* se aplică la mașini-unelte la avansurile liniare, cînd transmit mișcarea direct organului acționat (masă, cărucior, sanie) fără transmisii intermediare. Aceste motoare au un randament ridicat datorită frecărilor mici. **M.h.** *rotative (MHR)* sînt utilizate aproape exclusiv cuplate prin intermediul unui anumit lanț cinematic, fie pentru transformarea mișcării de rotație în una rectilinie, fie pentru adaptarea turației sale la cea a organului mobil în cazul mișcărilor circulare.

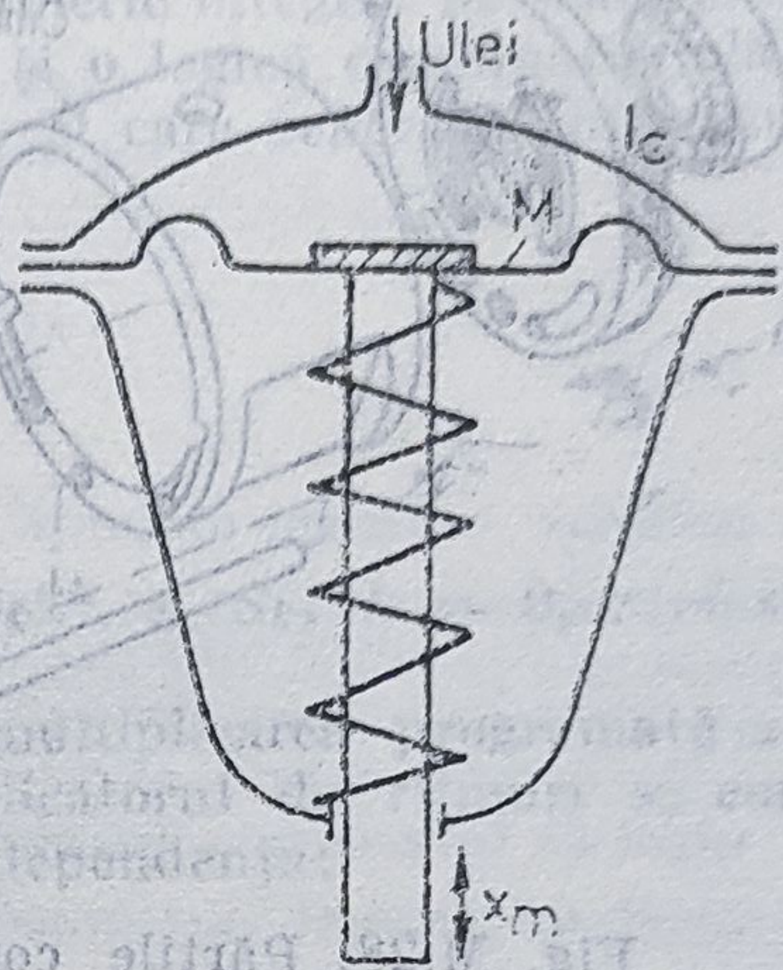


Fig. M.27. Reprezentarea schematică a unui motor hidraulic.

motor pneumatic, motor care utilizează energia elastică a aerului comprimat la presiuni de 5—6 atm. **M.p.** pot fi *rotative* (realizate, de obicei, cu palete) și *liniare cu piston* (folosite cînd sînt necesare deplasări mari) sau *liniare cu membrană*. **M.p.** *cu palete* sînt foarte indicate pentru acționările pneumatice. Aceste motoare au o construcție asemănătoare compresoarelor rotative. Aerul comprimat pierde din presiune în urma cedării de energie, producînd astfel o mișcare de rotație, pentru ca în final să fie evacuat în atmosferă. Rotorul este plasat excentric într-o carcasă, creînd camere cu pereți în formă de seceră, asupra cărora acționează aerul comprimat (fig. M.28). Aceste motoare se construiesc pentru puteri de 0,7—15 kW la turații de mers în gol cuprinse între 1 000 și 50 000 rot/min. La un **m.p.** *cu piston cu simplu și dublu efect* principalul organ de lucru, care transformă energia aerului comprimat în lucru mecanic este pistonul care execută o mișcare de translație în interiorul unui cilindru (fig. M.29).

M.p. *cu piston cu dublu efect* sînt de tip integral și pot fi transformate în **m.p.** cu simplu efect (proporționale) dacă pe una din fețele pistonului se aplică o forță constantă dezvoltată de un resort. **M.p.** cu piston dezvoltă pe întreaga lungime a cursei o forță în tijă constantă la presiunea de lucru dată.

motor sincron, motor electric care nu dezvoltă cuplu de pornire, dar dacă printr-un mijloc oarecare este antrenat pînă la viteza de sincronism, atunci el poate dezvolta un cuplu activ. **M.s.** poate fi adus la viteza de sincronism prin antrenarea lui de către un mic motor asincron cuplat pe

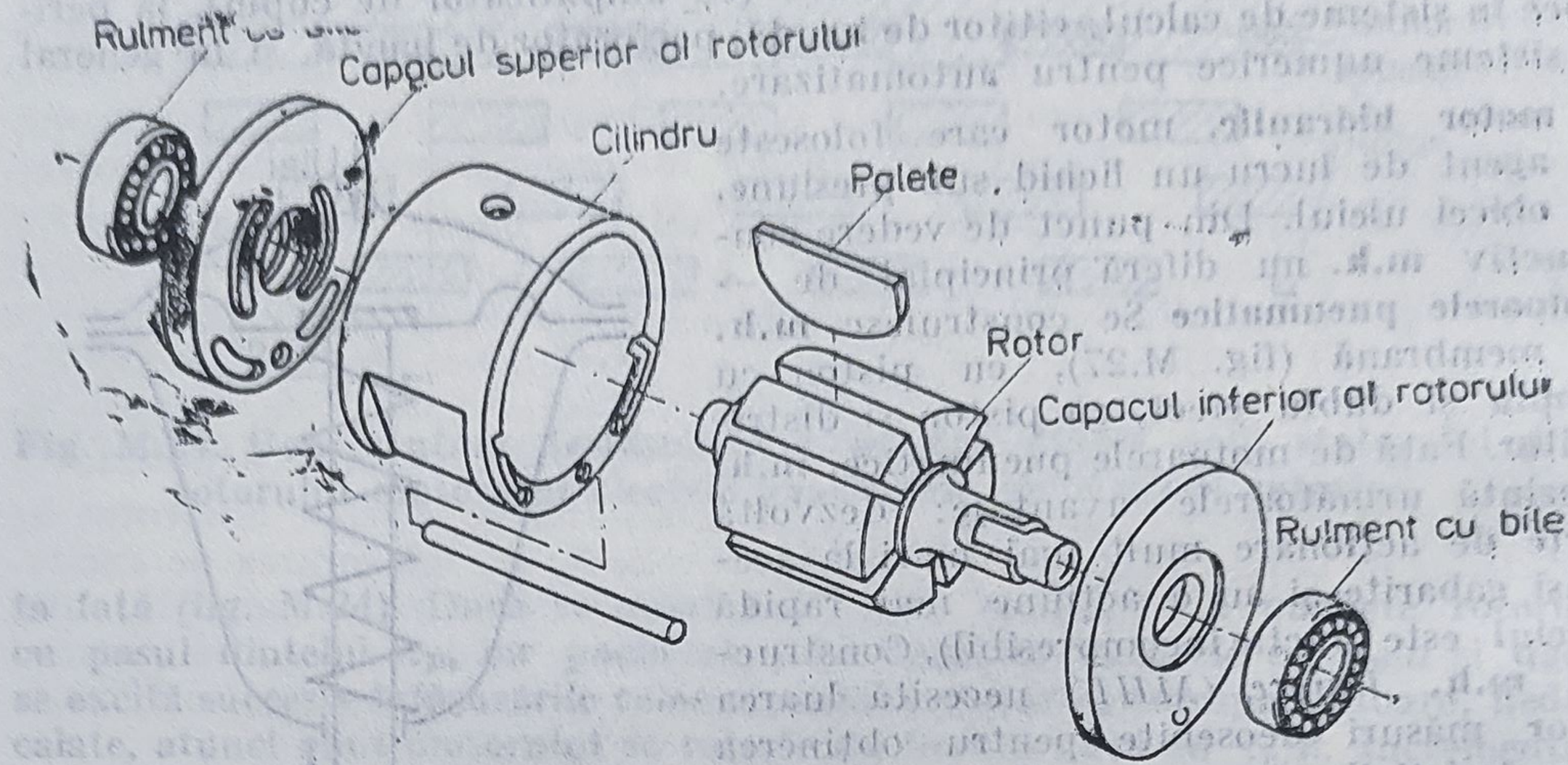


Fig. M.28. Părțile componente ale unui motor cu palete.

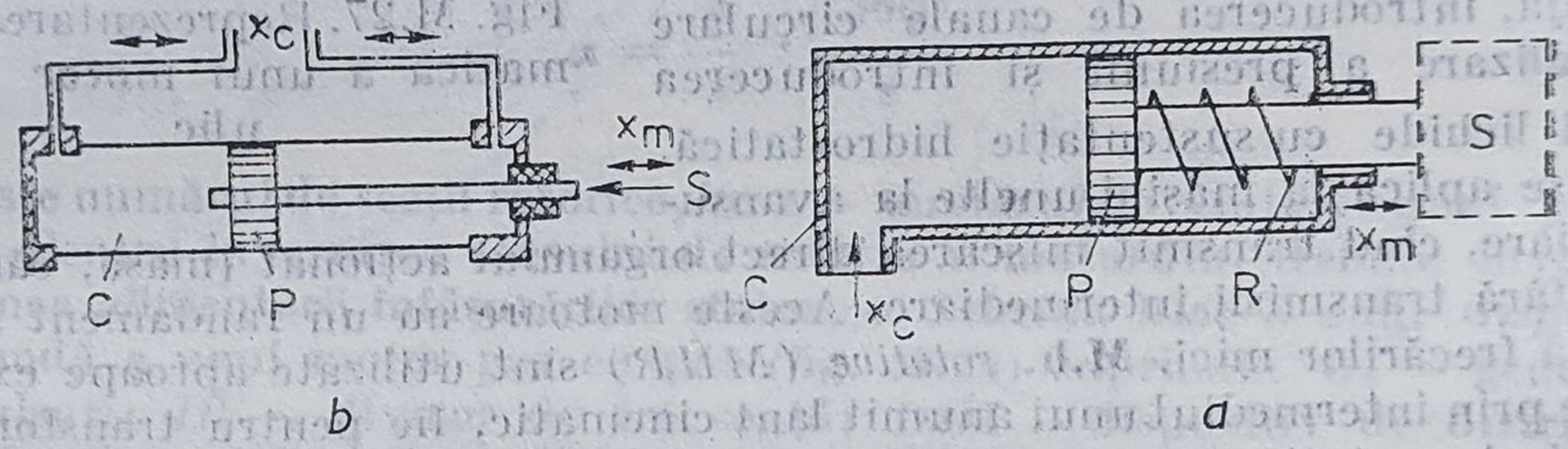


Fig. M.29. Exemple de motoare pneumatice:

a — cu simplu efect; *b* — cu dublu efect; *C* — cilindru; *P* — piston; *R* — resort; *S* — sarcină; x_c — mărime de comandă; x_m — mărime de execuție.

același arbore care, după „prinderea" în sincronism este scos din funcțiune. O altă metodă utilizată pentru pornire este așa-numita „pornire în asincron". Rotorul este prevăzut cu o colivie de veveriță, pornirea făcîndu-se cu înfășurarea rotorică închisă pe o rezistență și numai în momentul apropierii de viteza de sincronism este conectată înfășurarea de excitație pe sursa de curent continuu.

multiplexor analogic, dispozitiv analogic, comandat de o adresă de selecție, care dirijează una din multele intrări către o ieșire unică. **M.a.** este utilizat în secțiunea de achiziție a datelor din proces, în sisteme de conducere cu calculator, în care devine suficient un singur convertor analog-numeric, plasat după **m.a.**

multiplexor numeric, dispozitiv logic combinațional, comandat de o adresă de selecție, care dirijează una din multele intrări către ieșirea unică. **M.n.** pot fi considerate drept echivalentul static al comutatoarelor cu multe poziții ori al comutatoarelor pas cu pas. **M.n.** sînt realizate sub formă de circuite integrate pe scară medie, fiind utilizate în: secțiuni de intrare în automate programabile, generarea funcțiilor logice complexe, comutări controlate de date.

multiplicator analogic, dispozitiv electronic de calcul care realizează înmulțirea a două semnale analogice aflate într-o anumită gamă de variație. **M.a.** se construiesc pe principiul variației transconductanței unui etaj amplificator

cu tranzistoare. Soluțiile practice pentru stabilizarea **m.a.** cu temperatura sînt: multiplicatoare cu transconductanță cu termoreglare a substratului și multiplicatoare cu transconductanță cu etaje compensate.

multiplicator binar de ritmuri, dispozitiv numeric integrat pe scară medie ce conține un numărător sincron cu 6 etaje și o logică combinațională de porți, comandat de un semnal de frecvență f_I și care generează un semnal de frecvență f_E:

$$f_E = \frac{m}{64} f_I$$

unde factorul de multiplicare binară $m = \sum_{k=0}^{5} S_k 2^k$ și S_k, $k = 0, \ldots, 5$ sînt intrări programabile. **M.b. de r.** realizează multiplicarea programată a f_I cu un factor subunitar ($m_{max} = 63$). Multiplicatorul de ritmuri se construiește și în varianta zecimală și realizează dependența:

$$f_E = \frac{m}{10} f_I, \text{ cu } m = \sum_{0}^{3} S_k 2^k, \; S_k, k = 0, 1, 2, 3, \text{ programabili.}$$

multivariabil, atribut al unui sistem la care mărimea de intrare sau/și mărimea de ieșire are mai multe componente.

mulțime cît → relație de echivalență

N

neliniar → **sistem dinamic**

nestaționar, atribut ce desemnează caracterul variant al unui sistem, prin dependența parametrilor sistemului de variabila independentă timp (t). Denumirea de **n.** este echivalentă cu neautonom și variant. (→ **sistem**)

nivel de încredere→**interval de încredere**

nivel de semnal, denumire folosită uneori pentru a defini amplitudinea unui semnal în raport cu o stare de referință sau anumite limite ale unui domeniu de variație. Se utilizează în aplicații în care intervin amplificări sau atenuări ale semnalelor precum și pentru caracterizarea tipurilor de semnale folosite în scopul determinării parametrilor funcționali ai dispozitivelor și circuitelor electronice (de ex., parametrii de semnal mic ai tranzistoarelor). **N. de s** este important în funcționarea sistemelor automate întrucît numai pentru anumite valori se poate menține liniaritatea elementelor componente.

nivel de zgomot→**zgomot**

nivel ierarhic, mod de caracterizare a poziției unui element component al sistemului de conducere în ansamblul acestuia în funcție de atribuțiile și prioritatea sa față de luarea deciziei. Din acest punct de vedere se definește **n.i.** *coordonator*, cel la care se iau deciziile globale privind conducerea sistemului și **n.i.** *subordonat*, cel la care se iau decizii locale influențate de mărimile de coordonare primite de la **n.i.** superior. În sistemele de conducere a proceselor industriale la **n.i.** subordonat sînt plasate sisteme specializate de conducere, realizate cu microprocesoare, precum și console locale ale operatorului de proces, iar la **n.i.** coordonator se află minicalculatoare de uz general și console ale operatorului de proces pentru monitorizarea de ansamblu a funcționării procesului condus.

nucleu, mulțimea

$$\ker u = \{x | u(x) = 0 \in Y\}$$

unde $u: X \to Y$ este un morfism al A — modulelor X și Y.

nul controlabilitate, noțiune specifică sistemelor liniare discrete și invariante, datorită caracterului nereversibil al acestor sisteme. O stare $x \in \mathbb{R}^n$ este nul controlabilă dacă există mărimea de comandă

$$u_n = \begin{bmatrix} u(n-1) \\ u(n-2) \\ \vdots \\ u(1) \\ u(0) \end{bmatrix} \in \mathbb{R}^{mn}$$

care să o transfere în origine (în n paşi). Starea x este nul controlabilă dacă şi numai dacă

$$x \in \mathcal{R}^0 = A^{-n}\mathcal{R}$$

unde $\mathcal{R}^0$ se numeşte subspaţiul nul controlabil, iar $\mathcal{R}$ este subspaţiul controlabil (→ **controlabilitate**). Sistemul (perechea (A, B)) este nul controlabil dacă orice stare $x \in \mathbb{R}^n$ este nul controlabilă, adică dacă şi numai dacă

$$\mathcal{R}^0 = \mathbb{R}^n$$

în general

$$\mathcal{R} \subset \mathcal{R}^0$$

egalitatea avînd loc numai dacă A este nesingulară.

nul deplasat, caracteristică a unei comenzi numerice care păstrează în memoria echipamentului de comandă distanţa dintre originea sistemului de măsurare şi nulul fix, cînd acestea nu coincid.

nul fix, punct fix în raport cu un element al maşinii-unelte, avînd cota zero pe axa respectivă a maşinii-unelte.

nul mobil, caracteristică a unei comenzi numerice, care permite să nu se păstreze în memoria echipamentului de comandă distanţa dintre originea sistemului de măsurare şi nulul fix, cînd aceste puncte nu coincid.

numărător, dispozitiv logic secvenţial ce memorează numărul de impulsuri de tact care au fost aplicate la intrare. N. sînt realizate cu componente electromagnetice (de ex., relee), utilizate în domeniul telefoniei automate, şi cu componente electronice (de ex., celule de tip bistabil). O clasificare a n. se poate face după mai multe criterii: a) după numărul celulelor basculante aflate sub controlul impulsului extern de tact; n. *asincrone*, la care impulsul extern de tact se aplică doar la prima celulă, fiecare din celelalte fiind comandate de ieşirea celulei anterioare; n. *sincrone*, la care toate celulele bistabile sînt comandate de acelaşi impuls extern de tact; b) după modul în care se realizează transportul între celulele basculante: n. *cu transport paralel* (fig. N.1) şi n. *cu transport succesiv;* c) după sensul de numărare:

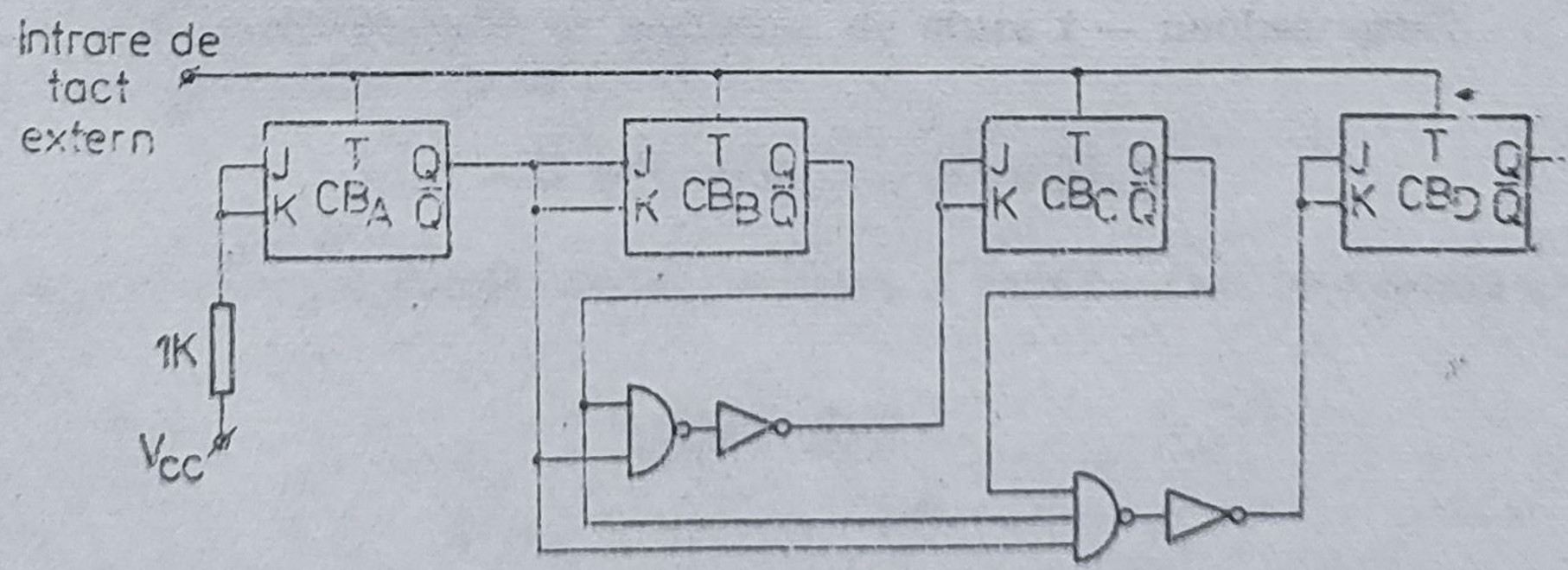


Fig. N.1. Numărător sincron de 4 biţi cu transport paralel.

n. *nereversibil*, ce numără doar în sens direct (îşi incrementează conţinutul pe măsura acceptării de impulsuri) şi n. *reversibil*, ce poate număra atît în sens direct, cît şi în sens invers; d) după codul de numărare: n. *binar*, n. *zecimal*, n. *neliniar*. N. se utilizează în aplicaţii ca: realizarea comparatoarelor numerice

în sisteme de comandă după program cu reacţie serială, generarea semnalelor de baleiere automată a matricilor de taste din consola operatorului de proces şi a generatoarelor de sincronizare TV, comanda secvenţei de operare a sistemelor, divizarea prin N a frecvenţei (programabilă), construirea de operatori matematici, ş.a.

numeric, atribut referitor la exprimarea unei mărimi sub o formă discretă, printr-o operaţie de cuantificare, constînd în asocierea acesteia cu un număr de cuante egale între ele.

observabilitate, proprietate cauzală fundamentală a unui sistem liniar ce caracterizează posibilitatea reconstituirii unei stări interne x pe baza cunoașterii mărimilor u și y. Sistemul fiind liniar, în definirea și aprecierea **o.** se poate considera $u \equiv 0$, **o.** fiind deci o proprietate a perechii (C, A). O stare x se numește τ — neobservabilă dacă

$$y(t) = C(t)\,\Phi(t, \tau)x = 0, \quad t \geqslant \tau$$

adică dacă regimul liber inițializat în starea x, la momentul τ, este invizibil la ieșire. Introducînd operatorul

$$N(\tau, t) = \int_{\tau}^{t} \Phi^T(\sigma, \tau)\, C^T(\sigma)\, C(\sigma)\Phi(\sigma, \tau)\, d\tau$$

se poate arăta că starea x este τ — neobservabilă dacă și numai dacă

$$x \in \ker N(\tau, t), \qquad \forall t \geqslant \tau$$

Sistemul $(A(\cdot), \ldots, C(\cdot))$ este τ — observabil dacă singura stare τ — neobservabilă este originea $(x = 0)$. Dacă proprietatea de τ — **o.** se menține pentru orice $\tau \in T$ atunci sistemul se numește observabil sau complet observabil. În cazul sistemelor liniare invariante continue momentul inițial poate fi ales oricare $(\tau = 0)$, introducîndu-se noțiunea de stare t — neobservabilă; o stare x este t — neobservabilă dacă

$$y(\tau) = C\, e^{A\tau} x = 0, \qquad \forall \tau \in [0, t]$$

obținîndu-se rezultatul fundamental: o stare x este t — neobservabilă dacă și numai dacă

$$x \in \ker N(t)$$

cu

$$N(t) = \int_0^t e^{A^T \tau}\, C^T C\, e^{A\tau}\, d\tau, \qquad t \geqslant 0$$

O stare x este neobservabilă dacă este t — neobservabilă pentru orice $t \geqslant 0$, respectiv sistemul (A, C) este observabil dacă singura stare neobservabilă este starea zero. Pentru sistemele liniare invariante și discrete noțiunea de **o.** se

diversifică, şi anume; starea x este neobservabilă în k paşi dacă regimul liber iniţializat în $x(0) = x$ este

$$y(0) = y(1) = \ldots = y(k-1) = 0$$

adică

$$Q_k x = 0$$

unde

$$Q_k = \begin{bmatrix} C \\ CA \\ \vdots \\ CA^{k-1} \end{bmatrix}$$

este matricea de o. în k paşi, iar

$$\mathcal{N}_k \overset{\Delta}{=} \ker Q_k = \{x | Q_k x = 0\} = \bigcap_{i=0}^{k-1} A^{-i} \ker C$$

este subspaţiul neobservabil în k paşi, rezultînd imediat că x este neobservabilă în k paşi dacă şi numai dacă $x \in \mathcal{N}_k$. Starea x este neobservabilă dacă este neobservabilă în k paşi, oricare ar fi $k \geqslant 1$, deci dacă ($u \equiv 0$)

$$y(0) = y(1) = \ldots = 0$$

şi rezultatul teoretic imediat este că: starea x este neobservabilă dacă şi numai dacă

$$x \in \mathcal{N}_n \overset{\Delta}{=} \ker Q_n \overset{\Delta}{=} \ker Q = \mathcal{N}$$

unde

$$Q = \begin{bmatrix} C \\ CA \\ \vdots \\ CA^{n-1} \end{bmatrix}$$

este matricea de o. a perechii (C, A) iar $\mathcal{N}$ subspaţiul neobservabil al aceleiaşi perechi. Se deduce, de asemenea, că

$$\mathcal{N} = \bigcap_{i \geqslant 0} A^{-i} \ker C = \ker C \cap A^{-i}\mathcal{N}$$

relaţie pe baza căreia se formulează un rezultat fundamental al teorie geometrice a sistemelor şi anume că $\mathcal{N}$ este cel mai mare → **subspaţiu A — invariant** conţinut în ker C. Sistemul $(A,.,C)$ este observabil dacă singura stare neobservabilă este starea nulă, adică $\mathcal{N} = \{0\}$, ceea ce înseamnă că rang $Q = n = \dim \mathcal{X}$ (Q este monică) şi care reprezintă criteriul clasic de verificare a o. Cel mai mic întreg ν_0 pentru care $Q_{\nu_0+1} = Q_{\nu_0}$ se numeşte indice de o. Pentru un sistem dinamic liniar şi continuu $(A,.,C)$ se îndeplineşte întotdeauna

$$\ker N(t) \overset{\Delta}{=} \mathcal{N} = \ker Q,$$

relaţie ce reprezintă legătura dintre continuu şi discret din punct de vedere structural şi care arată că oricare ar fi $t \geqslant 0$, ker $N(t)$ este acelaşi şi că, de asemenea, criteriul clasic de verificare a o.

sistemelor discrete se aplică şi în cazul sistemelor continue. Proprietatea de **o.** este esenţială în construcţia unui → **estimator.**

octal, mod de reprezentare a informaţiei numerice într-un sistem de numeraţie în baza 8, avînd deci simbolurile 0,1,2,. . .,7. Sistemul **o.** oferă unele facilităţi de transcripţie a codului binar natural în operaţii specifice tehnicii de calcul numeric.

octavă, intervalul $[\omega, 2\omega]$, $\omega > 0$ ce corespunde deci unei dublări a pulsaţiei. Noţiunea de **o.** este utilă în analiza şi sinteza sistemelor liniare deoarece permite exprimarea pantei caracteristicilor logaritmice liniarizate (asimptotice). În ultima perioadă, noţiunea de **o.** este înlocuită tot mai mult de noţiunea → **decadă de pulsaţie**

octet, entitate informaţională conţinînd 8 biţi. Ca urmare a convenţiilor adoptate pentru reprezentarea informaţiei (codurile ASCII, EBCDIC, etc.) lungimea de 8 biţi sau de multipli de 8 biţi a devenit extrem de uzuală pentru dimensiunea cuvintelor calculatoarelor şi, implicit, a sistemelor de conducere.

off-line, mod de funcţionare a unui sistem de conducere, caracterizat de faptul că acesta nu este legat direct la procesul condus, informaţiile dinspre proces fiind furnizate de către operator, tot acesta avînd latitudinea implementării comenzilor elaborate de către sistemul de conducere în funcţionarea **o.—l.** Modul de funcţionare **o.—l.** a devenit anacronic şi nu mai este utilizat.

on-line, mod de funcţionare a sistemului de conducere care presupune conectarea directă a acestuia la procesul condus şi operarea sa în timp real. În prezent nu mai există decît sisteme de conducere funcţionînd **o.—l.** , spre deosebire de începutul conducerii cu calculatorul a proceselor industriale, cînd se utiliza şi modul off-line.

operare în timp real, mod de operare caracterizat de faptul că deciziile sistemului de conducere sînt luate într-un interval de timp suficient de scurt pentru ca implementarea lor sub formă de comenzi către sistemul condus să poată fi făcută la momentul de timp oportun. Dificultăţile create de acest mod de operare sînt generate de necesitatea de prelucrare a informaţiei în intervale de timp determinate exclusiv de dinamica procesului condus. În funcţie de aceasta se adoptă atît strategia de conducere, cît şi structura sistemului de conducere pe care ea se implementează.

operaţii unimodulare, operaţii efectuate asupra liniilor (coloanelor) unei matrici polinomiale $P(s)$, ce pot fi realizate prin înmulţire la stînga (dreapta) cu o→ **matrice unimodulară. O. u.** sînt: înmulţirea unei linii (coloane) cu o constantă; permutarea a două linii (coloane); adunarea la linia (coloana) i a liniei (coloanei) j, $j \neq i$, înmulţită cu un polinom. Utilitatea **o.u.** rezidă în aceea că permit aducerea matricii polinomiale $P(s)$ la forme particulare (→**eşalon redus,** → **formă diagonal canonică** etc.). În cazul în care matricea P este o matrice constantă, **o.u.** se numesc operaţii de tip Gauss şi se realizează prin înmulţire la stînga (dreapta) cu matrici constante, provenite din matricea unitate, în care s-au simulat operaţiile dorite.

optimizare. determinarea unei soluţii pentru o problemă sau o situaţie de decizie care, dintr-un anumit punct de vedere prestabilit, este cea mai bună dintre toate soluţiile posibile. În teoria sistemelor, problema de **o.** se formulează astfel: se dă sistemul dinamic, continuu;

$$\dot{x}(t) = f(t, x(t), u(t))$$

cu $x(t) \in \mathbb{R}^n$ starea și $u(t) \in \mathbb{R}^m$ comandă, și criteriul sau indicele de performanță

$$I = \int_{t_0}^{t_f} f^0(t, x(t), u(t))\, dt$$

în care f^0 este o funcție scalară, t_0 și t_f fiind momentul inițial, respectiv final, ambele fixate. Cum pentru o condiție inițială $x(t_0) = x_0$ și o comandă $u(.)$ soluția sistemului este

$$x(t) = \varphi(t;\ t_0,\ x_0,\ u(\cdot))$$

indicele de performanță devine

$$I = \int_{t_0}^{t_f} f^0(t, \varphi(t;\ t_0,\ x_0,\ u(\cdot)),\ u(t))\ dt = V(x_0,\ u(.))$$

adică este o funcțională de comandă $u(\cdot)$. Problema de o. în circuit deschis: pentru o stare inițială x_0 să se determine mărimea de comandă $\tilde{u}(\cdot)$ astfel încît, oricare ar fi o altă comandă $u(\cdot)$ să se îndeplinească relația

$$V(x_0,\ u(\cdot)) \leqslant V(x_0,\ \tilde{u}(\cdot))$$

În acest caz $\tilde{u}(\cdot)$ se numește comandă optimală, iar $x(\cdot)$ este traiectoria optimală. Dacă se consideră legea de comandă prin reacție după stare $k: \mathbb{R} \times \mathbb{R}^n \to \mathbb{R}^m$ definită de

$$u(t) = k(t,\ x(t))$$

sistemul inițial, în prezența acestei legi de comandă devine un sistem în circuit închis. El este descris de

$$\dot{x}(t) = f(t, x(t)) \overset{\Delta}{=} f(t,\ x(t),\ k(t,\ x(t)))$$

care pentru o condiție inițială $x(t_0) = x_0$, are soluția

$$x(t) = \varphi_0(t;\ t_0,\ x_0)$$

legea de comandă generată fiind

$$u(t) = k(t,\ \varphi_0(t;\ t_0,\ x_0))$$

Problema de o. în circuit închis: să se determine legea de comandă (adică funcția $k(.,.)$) astfel încît pentru orice inițializare x_0 să rezulte

$$u_{x_0}(t) = k(t, \varphi_0(t;\ t_0,\ x_0)), \qquad t \in [t_0,\ t_f]$$

unde $u_{x_0}(t)$ este comanda optimală în circuit deschis, corespunzătoare condiției inițiale x_0. Soluția problemei de o. în circuit închis se numește lege de comandă optimală. Față de cele prezentate anterior într-o problemă de o. pot să apară și restricții suplimentare cum ar fi: a) localizarea punctului final al traiectoriei, revine la condiția ca starea $x(t_f)$ să fie situată pe o hipersuprafață S numită

varietate finală sau varietate țintă, care, în cazuri particulare, poate să se reducă la un punct x_f, sau să fie mobilă în timp $S(t)$; b) restricții asupra comenzii; se dă o mulțime $U \subset \mathbb{R}^m$ și minimizarea indicelui de performanță trebuie să se facă numai în raport cu acele comenzi pentru care $u(t) \in U$, $\forall t \in [t_0, t_f]$ și care formează clasa comenzilor admise; c) restricții asupra traiectoriei; impun ca operația de minimizare a indicelui de performanță să se facă numai în raport cu acele comenzi care păstrează traiectoria $x(\cdot)$ într-o regiune fixată $X \subset \mathbb{R}^n$ a spațiului de stare. În caz mai general, indicele de performanță se poate considera de forma

$$I = l(t_f, x(t_f)) + \int_{t_0}^{t_f} L(t, x(t), u(t))\, dt$$

În mod similar, se formulează o problemă de **o.** în cazul sistemelor discrete; se dă sistemul dinamic discret

$$x(t+1) = f(t, x(t), u(t)), \qquad t \in \mathbb{Z}$$

și indicele de performanță

$$I = \sum_{t=t_0}^{t_f} f^0(t, x(t), u(t))$$

sau mai general

$$I = l(t_f, x(t_f)) + \sum_{t=t_0}^{t_f-1} L(t, x(t), u(t))$$

și se cere să se determine comanda $u(0), u(1), \ldots, u(t_f - 1)$ care minimizează indicele de performanță. În cazul acestor sisteme, ținînd cont de felul comenzii, denumirea uzuală este de **o.** în mai mulți pași.

Pentru un singur pas, se obține;

$$I = f^0(t_0, x_0, u(0))$$

și cum t_0, x_0 sînt specificați, rezultă;

$$F(u) \overset{\Delta}{=} f^0(t_0, x_0, u), \qquad u \overset{\Delta}{=} u(0)$$

și problema de **o.** este de tipul

$$\min_u F(u)$$

adică o problemă de **o.** într-un pas este o problemă de → **programare matematică.**

optimizare cu criteriu pătratic caz particular de → *optimizare* în care criteriul de performanță este în formă pătratică

$$I = x^T(t_f) S x(t_f) + \int_{t_0}^{t_f} [x^T(t) Q(t) x(t) + u^T(t) R(t) u(t)]\, dt \qquad (1)$$

S fiind o matrice constantă $(n \times n)$, iar $Q(t)$, $R(t)$ sînt $n \times n$ și, respectiv $m \times m$ matrici simetrice continue, cu $R(t)$ pozitiv definită pe intervalul $[t_0, t_f]$. **O. cu e.p.** este dezvoltată, în special, pentru sistemele liniare

$$\dot{x}(t) = A(t)x(t) + B(t)u(t) \tag{2}$$

și se numește pe scurt problema liniar pătratică, care devine interesantă pentru cazul optimizării în circuit închis, la care legea de comandă este liniară

$$u(t) = F(t)x(t) \tag{3}$$

cu $F(t)m \times n$ matrice continuă pe $[t_0, t_f]$. Sistemul (2) în prezența legii de comandă (3) se scrie;

$$\dot{x}(t) = A_0(t)x(t) \qquad A_0(t) \overset{\Delta}{=} A(t) + B(t)F(t) \tag{4}$$

și pentru o inițializare $x(t_0) = x_0$ rezultă traiectoria de stare

$$x(t) = \Phi_0(t, t_0)x_0 \tag{5}$$

cu $\Phi_0(t, t_0) \rightarrow$ **matricea de tranziție** a stării pentru sistemul (4). În acest caz legea de comandă (3) devine

$$u(t) = F(t)\,\Phi_0(t, t_0)x_0 \tag{6}$$

respectiv, criteriul de performanță (1), pentru traiectoria (5) și comanda (6) are valoarea;

$$\tilde{V}(x_0) = x_0^T \Phi_0^T(t_f, t_0)\, S\Phi_0(t_f, t_0)\, x_0 +$$

$$+ x_0^T \int_{t_0}^{t_f} \Phi_0^T(t, t_0)\,[Q(t) + F^T(t)\,R(t)\,F(t)]\,\Phi_0(t, t_0)\,dt\; x_0 \tag{7}$$

Legea de comandă (3) este o soluție, în circuit inchis, pentru problema liniar pătratică, dacă pentru oricare $x_0 \in \mathbb{R}^n$ este adevărată egalitatea

$$\tilde{V}(x_0) = V(x_0) \tag{8}$$

unde cu $V(x_0)$ s-a notat valoarea optimă a criteriului de performanță (1), caz în care (3) se numește lege de comandă optimală. Dacă se introduce ecuația diferențială matricială Riccati

$$-\dot{P}(t) = A^T(t)\,P(t) + P(t)A(t) - P(t)B(t)R^{-1}(t)B^T(t)\,P(t) + Q(t) \tag{9}$$

cu condiția de capăt

$$P(t_f) = S \tag{10}$$

se cunoaște următorul rezultat fundamental: dacă ecuația (9) are pe intervalul $[t_0, t_f]$ o soluție $P(\cdot)$ (care este simetrică $P^T(t) = P(t)$, $\forall t \in [t_0, t_f]$) satisfăcînd (10) atunci

$$u(t) = -R^{-1}(t)B^T(t)\,P(t)x(t) \tag{11}$$

este o soluție în circuit închis a problemei liniar pătratice; această soluție este unică și valoarea optimă a indicelui de performanță este

$$V(x_0) = x_0^T P(t_0) x_0 \tag{12}$$

Un caz interesant este și acela în care $t_f \to \infty$, cînd se formulează problema de optimizare liniar pătratică cu timp final infinit; pentru aceasta fie sistemul liniar invariant în timp

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t)$$

și criteriul pătratic

$$I_\infty = \int_0^\infty [x^T(t)Qx(t) + u^T(t)Ru(t)]\, dt \tag{13}$$

în care $Q \geqslant 0$ și $R > 0$ sînt matrici constante. Dacă perechea (A, B) este stabilizabilă, atunci legea de comandă

$$u(t) = -R^{-1}B^T\bar{P}x(t) \tag{14}$$

cu $\bar{P} \geqslant 0$, o soluție pozitiv semidefinită a ecuației matriciale algebrice Riccati

$$A^T P + PA - PBR^{-1}B^T P + Q = 0 \tag{15}$$

este o soluție în circuit închis a problemei liniar pătratice cu timp final infinit, iar

$$V_\infty(x_0) \overset{\Delta}{=} x_0^T \bar{P} x_0 \tag{16}$$

este valoarea optimă a indicelui de performanță (13). Dacă în plus perechea $(\sqrt{Q}, A)$ este detectabilă, legea de comandă (optimală) (14) este stabilizatoare.

optimizare dinamică, optimizare în cazul sistemelor dinamice.

optimizare staționară (*statică*), optimizare în care variabila timp (t) nu apare în mod explicit. În acest sens **o.s.** cuprinde toate problemele de → **programare matematică**.

ordin dinamic, dimensiunea n a spațiului de stare $\mathfrak{X}$ al unui sistem dinamic. La sistemele liniare continue cu o intrare și o ieșire, dacă → **funcția de transfer** $H(s) = \dfrac{R(s)}{P(s)} \in \mathbb{R}(s)$ este ireductibilă **o.d.** este $n = \partial[P(s)]$.

organ de execuție → **organ de reglare**

organ de reglare, element prin intermediul căruia se intervine în instalația tehnologică, în sensul modificării cantității de material sau de energie, sub acțiunea forței sau cuplului determinate de elementul de acționare. **O. de r.** este realizat sub forma unor dispozitive adaptate la caracteristicile instalației tehnologice: robinete, dozatoare, dispozitive de deplasare etc. Mărimea de ieșire a **o.de r.** se prezintă de cele mai multe ori sub forma unei deplasări (liniară sau unghiulară), ea reprezentînd în același timp și ieșirea elementului de execuție. Există două mari clase de **o.de r.**: mecanice și electrice. **O.de r.** *mecanice* pot fi

grupate astfel: **o.de r.** pentru debite de fluide (robinete cu ventil, robinete cu clapetă); **o.de r.** pentru cantități de materiale solide (alimentatoare cu bandă, cu șurub melcat); **o.de r.** pentru menținerea direcției (aparate de cîrmă); **o.de r.** speciale cu acțiune continuă sau discontinuă (port-scule, schimbătoare de sens, de viteză). **O.de r.** *electrice* pot fi de mai multe tipuri: cu acțiune continuă sau bipozițională, pentru reglarea curentului sau a tensiunii etc. Dintre acestea, cele mai uzuale sînt: reostatele, autotransformatoarele, contactoarele, amplificatoarele magnetice.

organigramă → **schemă logică**

oscilator, circuit eîectronic fără reacție sau cu reacție pozitivă, care produce prin oscilație electromagnetică un semnal periodic sinusoidal sau nesinusoidal. **O.** au un larg domeniu de aplicabilitate în construcția sistemelor de reglare și de conducere a proceselor, de ex: generarea unui sistem de alimentare trifazat de frecvență variabilă; comanda tensiunii sau a curentului pentru teletransmisia de date; modularea și demodularea semnalelor în construcția regulatoarelor electronice; comanda de sincronizare a procesoarelor numerice (microcalculatoare, automate programabile) din sistemele de conducere în timp real. Un **o.** trebuie să asigure stabilitatea frecvenței semnalului produs, adică abaterea frecvenței oscilatorului de la frecvența de rezonanță a circuitului selectiv să fie cît mai mică.

oscilator comandat, oscilator a cărui frecvență este comandată de o tensiune sau de un curent (oscilator modulat în frecvență). **O.c.** se utilizează în teletransmisia datelor ce au fost în prealabil transformate în semnal modulator (tensiune sau curent de comandă). Pentru măsurarea mărimilor neelectrice se folosesc traductoare pasive introduse direct în circuitul ce determină frecvența unui **o.c.** Modificarea parametrilor traductorului (R, L sau C) produsă de mărimea neelectrică determină modificarea frecvenței generate, prin măsurarea căreia se determină valoarea mărimii neelectrice.

oscilator de relaxare, oscilator ce produce oscilații de relaxare, caracterizate printr-un interval de variație relativ lentă, urmat de un interval de variație rapidă în timp. **O. de r.** poate folosi diode tunel pentru generarea de semnale sinusoidale, sau rezistențe cu caracteristică negativă pentru obținerea de semnale nesinusoidale.

oscilator LC, oscilator sinusoidal în scheme de automatizare, care conține bobine și condensatoare pentru producerea oscilațiilor. Principalele tipuri de **o.LC** sînt: cu circuit oscilant în colector (fig. O.1) in trei puncte (de ex., Hartley, Colpitts, Clapp), cu circuit oscilant în emitor și în punte. Frecvența de oscilație variază invers proporțional cu $\sqrt{LC}$. În general, **o.LC** au o stabilitate mai bună decît a oscilatoarelor RC și puteri de ieșire mai mari în cazul conectării sarcinii prin transformator.

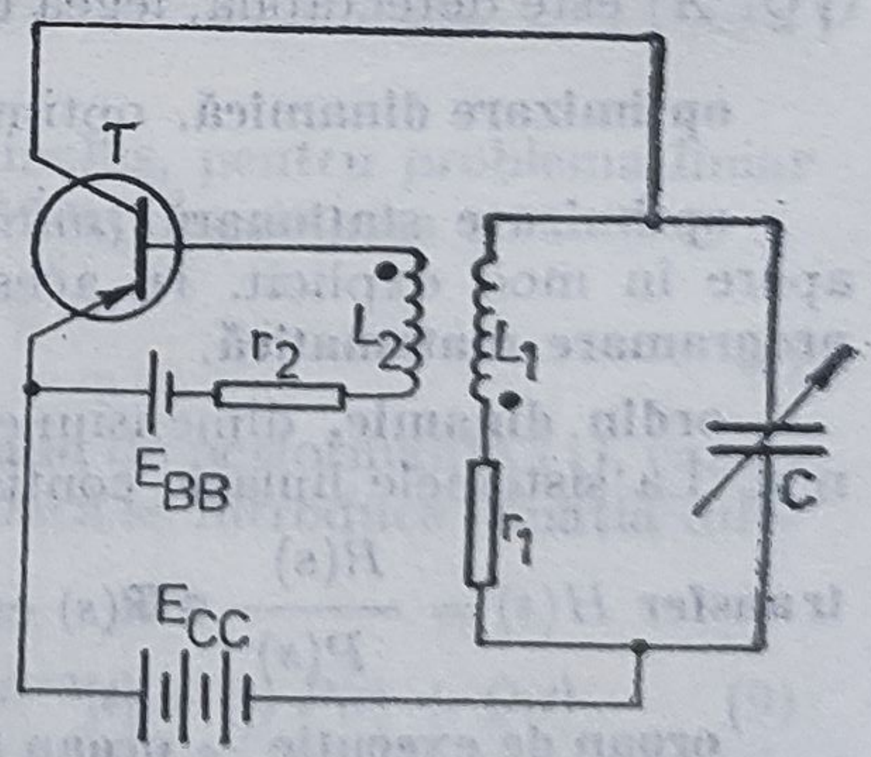


Fig. O.1. Oscilator LC, cu circuit oscilant în colector, în conexiune EC.

oscilator piezoelectric, oscilator electromecanic la care sistemul oscilant este format dintr-un corp cu proprietăți piezoelectrice de tipul cristalului de cuarț. **O.p.** se caracterizează printr-o foarte bună stabilitate a frecvenței,

toleranța admisă a frecvenței în jurul celei nominale fiind de ± 0,0005% sau mai mică. Schema unui o.p. cu cristal de cuarț este prezentată în fig. O.2. Datorită stabilității lor foarte bune, o.p. sînt utilizate în generarea semnale-

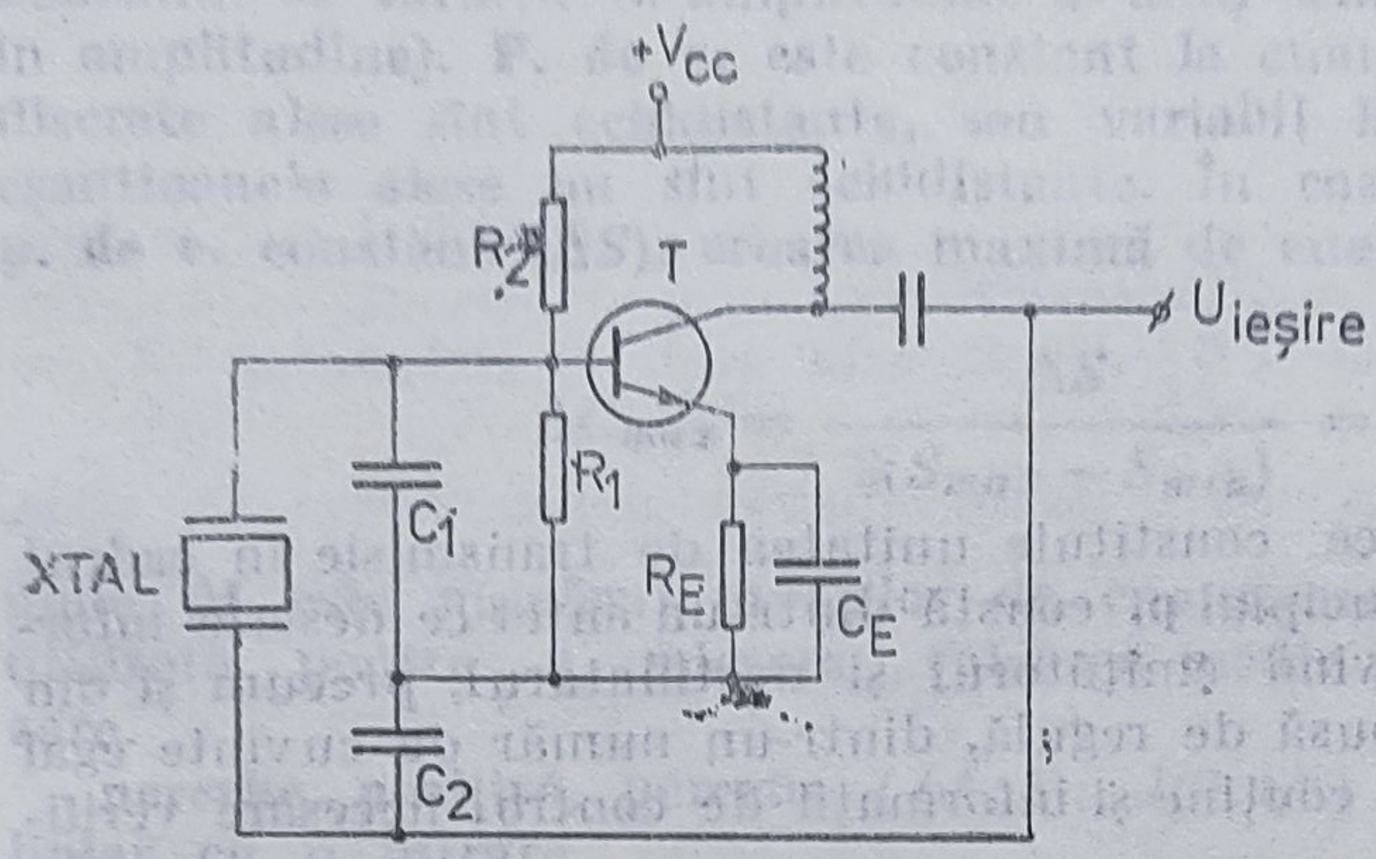


Fig. O.2. Oscilator piezoelectric Pierce cu cristal de cuarț.

lor de sincronizare a unităților centrale de prelucrare numerică a informației, de tip microprocesor.

oscilator RC, oscilator sinusoidal ce utilizează în principal rezistențe și condensatoare pentru a genera semnale oscilante în gamă largă de frecvență (de la zeci la sute de kHz). Frecvența generată de **o.RC** este proporțională cu $\frac{1}{RC}$. După numărul buclelor de reacție, există **o.RC** cu una sau două

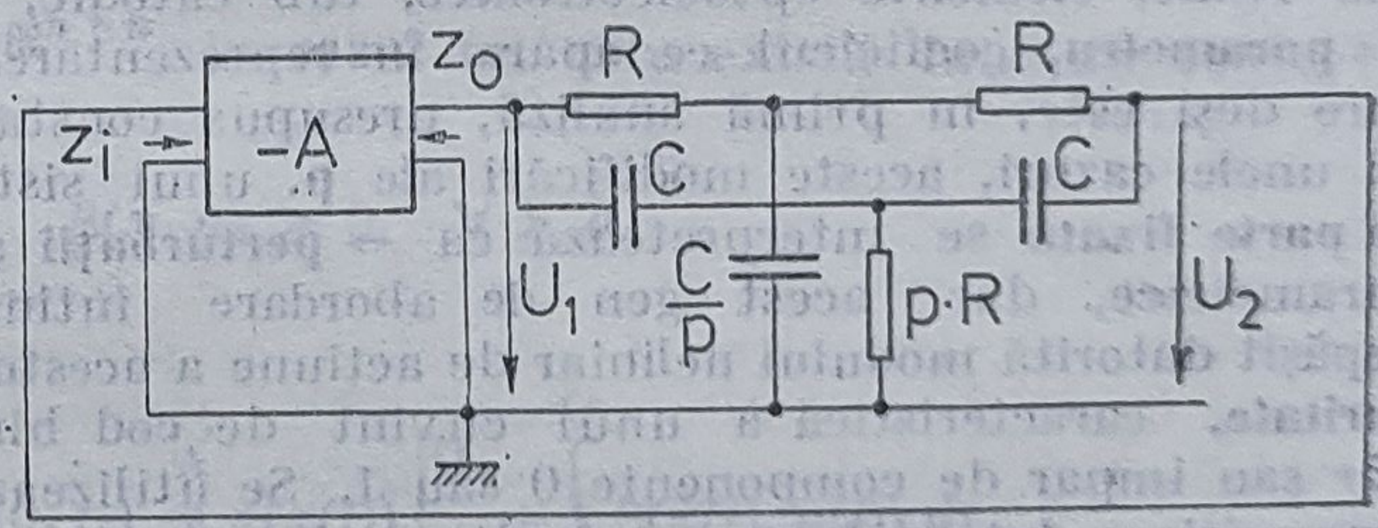


Fig. O.3. Oscilator *RC* cu rețea dublu *T*.

bucle, iar după tipul rețelei de reacție *RC* se deosebesc **o.RC** cu rețea de defazare, cu punte de defazare, cu punte Wien, cu reacție dublu T (fig. O.3).

P

pachet, entitate de date ce constituie unitatea de transmisie în cadrul unei rețele de comunicații. Principial **p.** constă dintr-un antet ce descrie informația conținută și date privind emițătorul și destinatarul, precum și din informația propriu-zisă, compusă de regulă, dintr-un număr de cuvinte egal cu o putere a lui 2. Uneori **p.** conține și informații de control necesare verificării corectitudinii recepției.

panou de comandă, bloc funcțional ce intră în componența unui echipament de conducere a proceselor, avînd drept funcții de bază introducerea manuală a datelor și afișarea continuă sau la cerere a unor informații privind evoluția procesului și starea echipamentului de comandă. Introducerea manuală de date se face prin taste, comutatoare bipoziționale, decadice, dispuse pe **p. de c.,** cu ajutorul cărora operatorul configurează sistemul, introduce programul piesă (la echipamente CN, CNC), corectează valorile programate ale unor mărimi introduse automat etc. Afișarea informațiilor se poate face analogic, numeric, alfanumeric, semigrafic, cu elemente de afișare de tip: tub Nixie, elemente optoelectronice, tub catodic, ș.a.

parametru, coeficient ce apare în reprezentarea sistemică a unui proces care deși este, în primă analiză, presupus constant, poate să se modifice. În unele cazuri, aceste modificări ale **p.** unui sistem (îndeosebi la sistemul → **parte fixată** se interpretează ca → **perturbații** și se numesc perturbații parametrice, dar acest gen de abordare întîmpină obstacole greu de depășit datorită modului neliniar de acțiune a acestor perturbații.

paritate, caracteristică a unui cuvînt de cod binar de a avea un număr pàr sau impar de componente 0 sau 1. Se utilizează în detecția erorilor de transmisie a datelor binare, permițînd detectarea apariției unei erori aditive singulare.

parte fixată, ansamblul format din procesul propriu-zis (instalație automatizată), elementul de execuție și traductor, care pentru un → **sistem automat** reprezintă un sistem cu funcționalitate fixă și cunoscută, ce face obiectul conducerii automate.

partiție (a unei mulțimi M), familie de submulțimi nevide disjuncte a cărei reuniune este chiar mulțimea dată, adică:

$$\pi = \{A_i\}, \quad i \in M$$

$$A = \bigcup_{i \in M} A_i$$

$$A_i \cap A_j = \emptyset, \quad i \neq j, \quad i, j \in M$$

Submulțimile A_i se numesc blocurile **p.** π. Faptul că două elemente m_1, m_2 din M aparțin aceluiași bloc al **p.** π, se notează $m_1 = m_2(\pi)$. O **p.** π realizează

o → **relație de echivalență** R pe mulțimea A și reciproc:

$$m_1 R m_2 \Leftrightarrow m_1 = m_2(\pi)$$

pas cu pas → **motor pas cu pas**

pas de cuantizare, interval dintre două valori discrete consecutive din domeniul de variație în amplitudine al unui semnal S, cuantizat (eșantionat în amplitudine). **P. de c.** este constant la cuantizarea liniară, cînd valorile discrete alese sînt echidistante, sau variabil la cuantizarea neliniară, cînd eșantioanele alese nu sînt echidistante. În cazul cuantizării obișnuite, cu **p. de c.** constant (ΔS), eroarea maximă de cuantizare are expresia:

$$\Delta C_{max} = \frac{\Delta S}{2(S_{max} - S_{min})} = \frac{1}{2(M-1)}$$

unde M este numărul nivelelor de cuantizare. Cuantizarea neliniară este utilizată pentru a micșora valoarea medie pătratică a erorii de cuantizare.

pereche pozitivă, pereche $((A, b);\ J(0, t_f))$ formată pe baza sistemului liniar cu o intrare

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + bu(t) \qquad (A \in \mathbb{R}^{n \times n},\ b \in \mathbb{R}^n)$$

și a indicelui de performanță atașat acestuia

$$J(0, t_f) = \int_0^{t_f} (ru^2 + x^T lu + ul^T x + x^T Q x)\, \mathrm{d}t, \quad t_f \geqslant 0$$

unde $l, r \in \mathbb{R}^n$, $Q = Q^T \in \mathbb{R}^{n \times n}$, în cazul în care există funcțiile reale și continue $\alpha(x)$ și $\beta(x, u)$ cu

$$\beta(x, u) \geqslant 0, \quad \forall\, x, u$$

astfel încît

$$J(0, t_f) = \tilde{J}(0, t_f) \overset{\Delta}{=} \alpha(x(t))\Big|_0^{t_f} + \int_0^{t_f} \beta(x(t), u(t))\, \mathrm{d}t$$

oricare ar fi $u(.)$, $x(.)$ verificînd ecuația sistemului și oricare $t_f \geqslant 0$.

performanțele sistemelor automate, indici ce caracterizează răspunsul unui sistem automat, permițînd formularea dezideratelor de conducere ca niște condiții suplimentare față de condițiile de reglare și stabilitate internă (→ **sistem automat**) și avînd, prin excelență, un caracter inginesc. Cînd se referă la regimul tranzitoriu se numesc *performanțe de regim tranzitoriu*, respectiv *performanțe de regim permanent* (staționar) cînd se referă la comportarea permanentă (staționară) a sistemului automat. De asemenea, cînd se definesc pentru o valoare a timpului **p.s.a.** se numesc *locale* și, respectiv, *globale* dacă în definire intervine un interval din mulțimea valorilor timpului. Performanțele locale de regim tranzitoriu mai des utilizate sînt: → **timp tranzitoriu**, → **suprareglaj**, eroare staționară la mărime externă precizată

În unele cazuri se pot utiliza și altele cum ar fi: → **timp de creștere**, → **timp de stabilire**, → **indice de oscilație**. Performanțele globale sînt în general de tip integral

$$I = \int_{t_0}^{t_f} f(\varepsilon) w(t)\, dt$$

cu $[t_0, t_f]$ intervalul de timp, $f(\varepsilon)$ o funcție de eroare precizată și $w(t)$ o funcție ce orientează (prin pondere diferită) criteriul spre un anumit subinterval din cel considerat. Cazul cel mai întîlnit este acela al criteriului integral pătratic.

periferice generale, numele generic dat echipamentelor periferice ale sistemelor de conducere care nu sînt specifice acestora, așa cum este consola operatorului de proces, ci se regăsesc și în sistemele de calcul de tip universal (→ **bandă magnetică**, → **cititor**, → **disc**, → **display**, → **imprimantă**, → **terminal**, → **terminal inteligent**).

perturbație, componentă a vectorului p (sau întregul vector) care grupează o submulțime a mărimilor de intrare într-un sistem, a cărei variație este lăsată, intenționat sau fortuit, liberă, urmînd ca efectul ei asupra mărimii de ieșire din sistem să fie înlăturat cu ajutorul → **mărimii de comandă** u. Acest lucru este posibil numai dacă se cunoaște la fiecare moment de timp mărimea de ieșire, respectiv variația dorită pentru aceasta, adică în cadrul unei structuri la care decizia asupra modificării mărimii de comandă u se ia pe baza erorii față de valoarea dorită, respectiv curentă a mărimii de ieșire (→ **sistem automat**).

pilot automat, echipament care comandă automat instalațiile și agregatele de zbor ale unei aeronave, menținînd o direcție de zbor și o poziție determinate în raport cu o traiectorie prescrisă. **P.a.** modern este prevăzut și cu posibilități de efectuare automată (integral sau parțial) a operațiilor de aterizare, chiar în condiții meteorologice dificile. **P.a.** cuprinde în structura sa un sistem de calcul care, primind informații de la traductoarele care măsoară parametrii ce caracterizează deplasarea aeronavei (în principal, giroscoape, accelerometre și altimetre), le prelucrează și în funcție de programul de zbor transmite comenzi către elementele de execuție care acționează dispozitivele de modificare a traiectoriei și vitezei (profundor, flapsuri, alimentarea motoarelor etc.).

planul stărilor, spațiul de stare X în cazul sistemelor dinamice continue cu → **ordin dinamic** doi. Ținînd cont că reprezentarea geometrică a traiectoriei unui sistem dinamic este foarte sugestivă, **p.s.** este utilizat ca o metodă de analiză a sistemelor liniare, dar îndeosebi neliniare, de ordin 2, fiind dezvoltate metode de trasare exactă sau aproximativă a traiectoriilor de stare, de analiză a → **punctelor singulare** și a → **ciclurilor limită** ale sistemului.

poli, zerourile numitorului funcției de transfer $H(s)$ (dacă sistemul este continuu) sau $H(z)$ (pentru cazul discret). Dacă $H(s)$, $(H(z))$ este ireductibilă, mulțimea polilor $\mathcal{Q}(H(s))(\mathcal{Q}(H(z)))$ este identică cu mulțimea valorilor proprii ale matricii $A(\sigma(A))$, în caz contrar

$$\mathcal{Q}(H(s)) \subset \sigma(A)$$

Cu m → **răspunsul indicial** al unui sistem continuu (discret) fără poli în origine descris de

$$H(s) = \frac{R(s)}{P(s)} = \frac{R(s)}{\prod_{i=1}^{n} (s - p_i)^{m_i}}$$

$$\left(H(z) = \frac{R(z)}{P(z)} = \frac{R(z)}{\prod_{i=1}^{n} (z - p_i)^{m_i}} \right)$$

cu n — **numărul de p.** distincţi şi m_i — ordinul de multiplicitate a polului p_i este

$$y(t) = \frac{R(0)}{P(0)} + \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m_i} a_{ij} \frac{t^{j-1}}{(j-1)!} e^{p_i t}, \ \mathbb{R} \ni t \geqslant 0$$

$$(y(k) = \frac{R(1)}{P(1)} + \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m_i} a_{ij} C_k^{j-1} p_i^{k-j}, \ k \in \mathbb{N})$$

se deduce imediat că performanţele dinamice ale sistemului sînt influenţate, în principal, de amplasarea **p.** în planul $s(z)$ şi de aceea majoritatea procedurilor de sinteză sînt de tipul „cu alocare de poli" pe baza performanţelor impuse.

poli dominanţi, poli ce determină, în principal, răspunsul unui sistem stabil; de ex., în cazul unui sistem liniar continuu **p.d.** sînt polii din semiplanul stîng care sînt cei mai apropiaţi de axa imaginară, iar la un sistem discret sînt polii cei mai apropiaţi de cercul de rază unitară (interiori acestui cerc), cu centrul în origine. Îndeplinirea, prin sinteză, a unui set de performanţe revine la alocarea **p.d.**

polinom anulator, al $n \times n$ — matricii reale A este polinomul

$$p(\lambda) = \sum_{i=0}^{r} a_i \lambda^i$$

pentru care $p(A) = 0$. Mulţimea **p.a.** este nevidă deoarece polinomul caracteristic al matricii A

$$\chi(p) = \det (pI - A)$$

îndeplineşte condiţia $\chi(A) = 0$ conform teoremei Cayley-Hamilton. **P.a.** avînd r minim se numeşte *polinom minimal.*

pondere (a unui cuvînt de cod) numărul de componente diferite de zero într-un cuvînt de cod. În codurile de grup **p.** minimă nenulă reprezintă distanţa Hamming.

pornirea automată a motoarelor, operaţie prin care se asigură atingerea regimului nominal de funcţionare a unui motor, cu respectarea limitelor admisibile de curent, în funcţie de una din mărimile care se modifică în intervalul pornirii: curent, viteză, timp etc. În cazul motoarelor de curent continuu, cele mai răspîndite metode de pornire sînt: a) în funcţie de viteză

(fig. P.1), cu elemente care măsoară, fie direct viteza, fie mai uzual, cu elemente care acționează la variația tensiunii contraelectromotoare, proporțională cu turația, de tip relee de tensiune. Motorul pornește la apăsa-

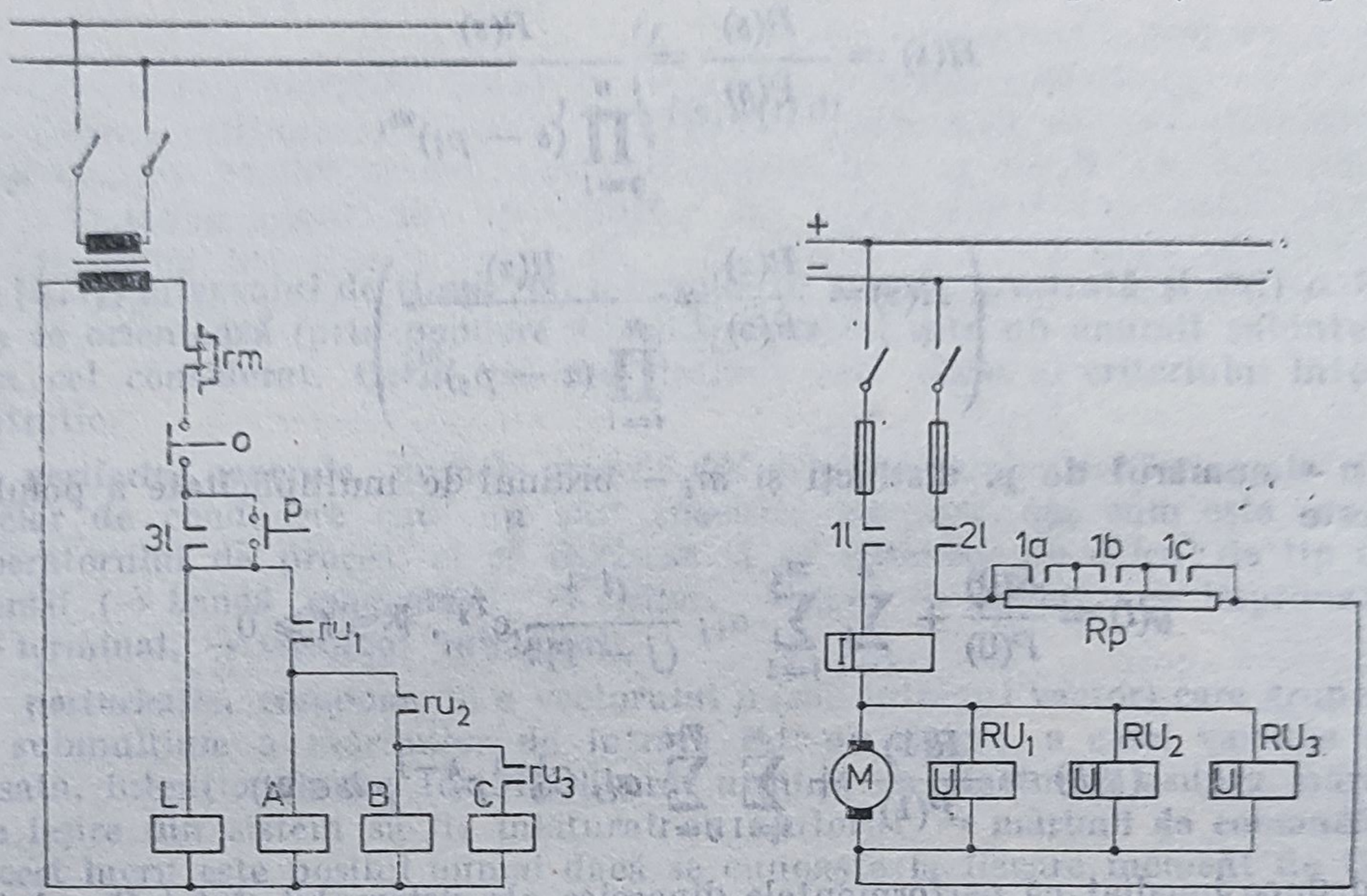


Fig. P.1. Schema de pornire a motoarelor de curent continuu în funcție de viteză.

rea pe butonul de pornire P, prin care se alimentează bobina contactorului de linie L, care închide contactele normal deschise $1L$ și $2L$ ce asigură alimentarea și $3L$ care asigură automenținerea. Apoi, pe măsură ce tensiunea la bornele motorului atinge valorile corespunzătoare tensiunilor de acționare

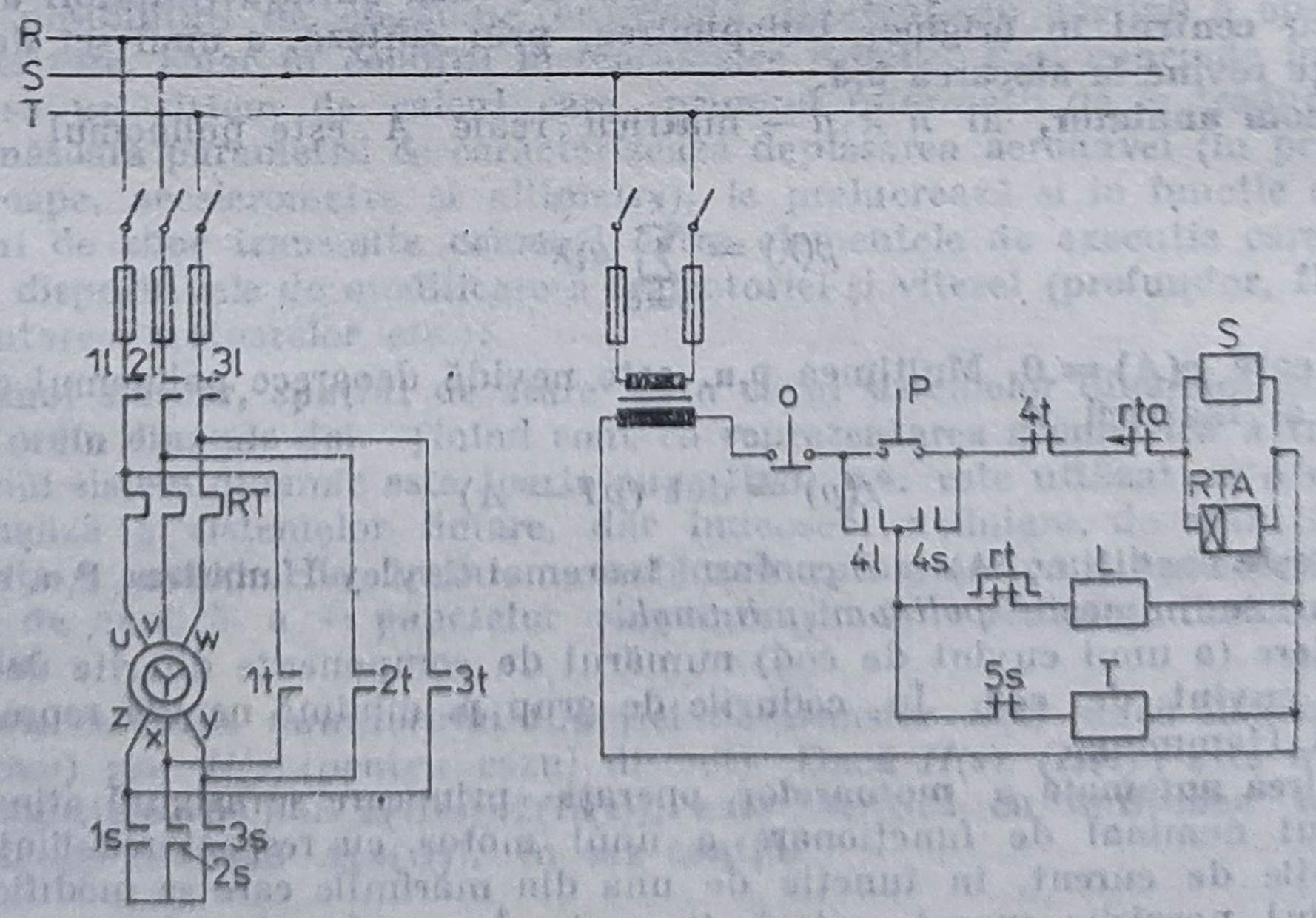


Fig. P.2. Schema de pornire a motoarelor asincrone trifazate cu comutator stea-triunghi.

a releelor de tensiune RU_i, se scurtcircuitează pe rînd treptele reostatului de pornire R_p; b) în funcţie de curent, cu o schemă asemănătoare cu cea de la punctul a), dar treptele reostatului de pornire sînt scurtcircuitate de contacte ale unor relee de curent; c) în funcţie de timp, cu o schemă asemănătoare cu cea de la punctul a), dar treptele reostatului de pornire sînt scurtcircuitate de contacte ale unor relee de timp. În cazul motoarelor asincrone trifazate cea mai răspîndită metodă de pornire în trepte este pornirea stea-triunghi. La început motorul (cu rotor în scurtcircuit) este conectat la reţeaua trifazată de alimentare cu înfăşurările statorice legate în stea, iar după un interval de timp prereglat, un releu de timp permite trecerea la conexiunea statorică în triunghi, permiţînd mărirea curentului de 3 ori.

post mortem, protocol elaborat în timpul unei avarii a sistemului de conducere, avînd drept scop furnizarea informaţiilor necesare pentru stabilirea ulterioară a cauzelor avariei, ca şi pentru luarea măsurilor necesare pentru evitarea unor evenimente similare în viitor.

post procesor, program de calcul (elaborat într-un limbaj specializat de programare automată a maşinilor unelte), pe baza căruia un calculator universal prelucrează datele din lista de date de ieşire din procesor şi furnizează pe baza lor programul maşină. Principala funcţie a **p. p.** este de a adapta datele din lista de date de ieşire procesor la condiţiile constructive şi funcţionale ale unui anumit tip de maşină-unealtă.

poziţionare, mod de comandă program a maşinilor unelte în care deplasările organelor mobile pe diferite axe nu sînt coordonate între ele, putînd fi succesive sau simultane. Un echipament de **p.** urmăreşte numai atingerea (cu o anumită viteză) a punctului final, nu şi traiectoria pe care se face deplasarea spre acel punct. În timpul deplasării de **p.** scula nu aşchiază. **P.** în trepte se caracterizează prin stabilirea de trepte descrescătoare de viteză pe măsură ce organul mobil se apropie de punctul final, pentru a se asigura viteza de **p.** la care se atinge acest punct în limita de eroare admisă. **P.** în timp minim constituie un procedeu de **p.** la care atingerea punctului final se face, în limita de eroare admisă în cel mai scurt timp. Un exemplu este **p.** cu frînare după o parabolă.

prag de sensibilitate, cea mai mică variaţie a mărimii aplicată unui aparat de măsurat care poate fi afişată în mod cert de către acesta. **P. de s.** este un indicator utilizat, în special, pentru măsurări de precizie ale unor mărimi de valori reduse, el fiind acela care condiţionează valoarea minimă ce poate fi măsurată. Principalii factori care determină **p.de s.,** în afara→**rezoluţiei** sînt: fluctuaţiile datorate perturbaţiilor interne şi externe (zgomotele) în circuitele electrice, frecările statice şi jocurile în angrenaje pentru dispozitivele mecanice. Noţiunea de **p.de s.** introdusă iniţial referitor la aparatele de măsurat, poate fi extinsă la traductoare şi la oricare dintre celelalte blocuri funcţionale ale unui sistem automat.

precizia măsurării, indicator prin care se caracterizează gradul de conformitate a rezultatului unei măsuri cu valoarea reală sau cu o valoare convenţională, reprezentînd mărimea măsurată. În practică, **p.m.** se referă la aparate, traductoare, etaloane sau alte dispozitive utilizate în măsurări, exprimarea sa cantitativă făcîndu-se prin intermediul erorilor admisibile sau tolerate care reprezintă diferenţele maxime ce pot apare între rezultate şi valorile reale ale mărimilor măsurate. Erorile tolerate sînt date sub formă normată, adică raportate la anumite condiţii de utilizare a aparatelor. În scopul normării se face separarea în erori de bază sau intrinseci şi erori suplimentare sau de influenţă. Erorile intrinseci sînt cele care apar în condiţii de referinţă: valori constante ale factorilor de mediu (temperatură, umiditate, cîmpuri electrice, magnetice

accelerații etc.), cerințe speciale pentru alimentare, conectare, poziție etc. Erorile suplimentare sînt cele provocate de variația mărimilor de influență în afara limitelor prevăzute de condițiile de referință. Ele sînt specificate pentru fiecare mărime de influență separat și pe intervale de variație determinate. Erorile intrinseci pot fi normate sub formă de erori absolute, erori relative sau combinații ale acestora. În scopul unificării reprezentării cantitative a preciziei — indiferent de modul in care sînt normate erorile tolerate intrinseci — se folosește indicatorul → **clasă de precizie.** Clasa de **p.** la aparatele la care se normează eroarea relativă (raportată la intervalul de măsurare) are semnificația erorii tolerate intrinseci și se exprimă în procente, valorile uzuale fiind: 0,001; 0,002; 0,005; 0,01; 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 2,5; 5. Normarea erorilor suplimentare se face de regulă prin raportarea la cele intrinseci, în procente din acestea, depinzînd de variațiile față de condițiile de referință ale mărimilor de influență respective.

precizia sistemelor de reglare, precizia de aproximare de către mărimea de ieșire reală a sistemului a mărimii de ieșire dorite, impusă prin program. Diferența dintre ieșirea reală și cea dorită poartă numele eroare sau abatere. Pentru cazul sistemelor multivariabile se definește similar un vector al mărimii de abatere.

predecesor al unei stări → succesor al unei stări

predicția interacțiunilor, metodă de conducere utilizată în cadrul sistemelor ierarhizate care constă în elaborarea comenzilor pe baza valorilor predictate ale interacțiunilor ce rezultă între subprocese ca urmare a implementării comenzilor menționate.

prelucrare paraxială → comandă numerică

prelucrare primară, ansamblu de operații de prelucrare la care sînt supuse datele, obținute de la ieșirea convertorului analog-numeric al unui sistem al intrărilor analogice, în vederea conversiei lor într-o formă imediat utilizabilă pentru prelucrarea propriu-zisă, avînd drept scop elaborarea comenzilor spre procesul condus. În cadrul activității de prelucrare primară au loc operații de conversie în unități inginerești, filtrare, liniarizare, corecție a erorilor sistematice, testare a încadrării între limite impuse. Conversia în unități inginerești are drept rezultat transformarea într-un format cu virgulă mobilă și cu semnificație fizică precizată a numărului întreg (de obicei de 12 biți) de la ieșirea convertorului analog-numeric. Utilizarea formatului cu virgulă mobilă pentru restul operațiilor are avantajul obținerii rezoluției maxime în condiții date, ca dezavantaj menținîndu-se timpul de prelucrare marginal mai lung față de formatele întregi. În principiu, conversia în unități inginerești presupune o transformare liniară a numărului de la ieșirea convertorului analog-numeric (reprezentînd valoarea în unități *CAN* a mărimii analogice măsurate), transformat în prealabil în număr în format cu virgulă mobilă. Filtrarea are drept scop eliminarea zgomotelor introduse prin inducție pe canalele de comunicație între traductoare și sistemul intrărilor analogice, precum și a celor produse de procesul de eșantionare. Filtrarea prin program este recomandabilă cînd frecvențele semnalelor perturbatoare sînt mici (sub 1 Hz), caz în care utilizarea unor filtre pasive nu este tehnologic acceptabilă. În majoritatea cazurilor filtrarea se face cu un filtru trece-jos, cu frecvența de tăiere egală aproximativ cu cea de eșantionare a semnalului respectiv. Liniarizarea are drept scop eliminarea neliniarităților statice introduse prin principiul de măsurare utilizat (de ex., măsurare debitului Q prin intermediul diferenței de presiune Δp între două puncte, unul în amonte, celălalt în aval față de diafragma utilizată; în acest caz $Q = k\sqrt{\Delta p}$, k fiind o constantă) sau ca urmare a imperfecțiunilor

tehnologice de realizare a traductoarelor. Întrucît liniarizarea consumă un timp însemnat în ansamblul operațiilor de **p.p.** ea trebuie utilizată cu discernămînt. Corecția erorilor sistematice de măsură elimină erorile introduse de variația în timp a parametrilor sistemului intrărilor analogice prin calibrarea periodică a acestuia și introducerea corecțiilor adecvate. Testarea intrării între limite stabilește dacă valoarea măsurată se încadrează în limitele tehnologice admise. În caz contrar se emite semnal de alarmă.

principiul dualității, principiu ce formulează conexiunea dintre → **proprietățile cauzale** (respectiv anticauzale) ale unui sistem dinamic, liniar, continuu. În cazul variant, **p.d.** se formulează astfel: dacă sistemul $(A(.), B(.),.)$ este accesibil (controlabil) față de momentul τ, atunci sistemul (numit „sistem dual") $(A^T(2\tau-.),., B^T(2\tau-.))$ este observabil (constructibil) și reciproc dacă sistemul $(A(.),., C(.))$ este observabil (constructibil) față de momentul τ, atunci sistemul „dual" $(A^T(2\tau-.), C^T(2\tau-.), .)$ este accesibil (controlabil). Pentru cazul invariant, **p.d.** este: dacă sistemul $(A, B,.)$ este accesibil (deci controlabil) atunci „sistemul dual" $(A^T, ., B^T)$ este observabil (deci constructibil), respectiv dacă sistemul $(A,., C)$ este observabil (constructibil) atunci „sistemul dual" $(A^T, C^T,.)$ este accesibil (deci controlabil). Pe baza **p.d.** problema construcției unui → **estimator** alocat se reduce la o problemă de alocare pe sistemul dual.

principiul minimului *(maximului)*, rezultat fundamental al teoriei sistemelor optimale ce formulează condițiile necesare pentru → **optimizarea** unui sistem dinamic. Considerînd sistemul dinamic, neted

$$\dot{x}(t) = f(t, x(t), u(t)) \tag{1}$$

la care, mărimea de comandă $u(t) \in \mathcal{U}$, $\forall t$ cu $\mathcal{U} \subset \mathbb{R}^m$ o parte a lui $\mathbb{R}^m$ reprezentînd domeniul de variație a comenzilor. Se notează cu $\mathcal{U}$ clasa funcțiilor de comandă admise de sistem și se consideră a fi mulțimea funcțiilor $u(\cdot)$: $\mathbb{R} \Rightarrow U$ care sînt continui pe porțiuni, exceptînd o mulțime de puncte izolate care sînt discontinuități de prima speță. Se atașază sistemului (1) indicele de performanță

$$J = \int_{t_0}^{t_f} f^0(t, x(t), u(t))\, dt \tag{2}$$

unde t_f nu este în mod necesar specificat. Dacă x_0, $x_f = x(t_f)$ sînt două stări arbitrare din $\mathbb{R}^n$ dar fixate, **p.m.** se zice cu extreme fixate. Problema de optimizare se formulează astfel: pentru $x_0, x_f \in \mathbb{R}^n$ stări arbitrare fixate, să se determine o comandă $u(.) \in \mathcal{U}$ care transferă starea x_0 în starea x_f și care minimizează indicele de performanță (2), adică oricare ar fi altă comandă $\tilde{u}(.) \in \mathcal{U}$ ce realizează același transfer de stare, dar pe traiectoria $\tilde{x}(.)$ și $\tilde{t}_f$ este momentul de timp pentru care $\tilde{x}(\tilde{t}_f) = x_f$, atunci

$$J = \int_{t_0}^{t_f} f^0(t, x(t), u(t)\, dt \leqslant \tilde{J} = \int_{t_0}^{\tilde{t}_f} f^0(t, \tilde{x}(t), \tilde{u}(t))\, dt \tag{3}$$

În aceste condiții, $u(.)$ și $x(.)$ se numesc comanda, respectiv traiectoria optimală și alcătuiesc o pereche optimală $(x(.), u(.))$. Dacă se extinde sistemul (1) cu

ecuaţia obţinută pe baza lui (2):

$$\dot{x}^0(t) = f^0(t, x(t), u(t)); \qquad x^0(t_0) = 0 \tag{4}$$

se defineşte sistemul extins

$$\dot{\hat{x}}(t) = \hat{f}(t, \hat{x}(t), u(t)) \tag{5}$$

în care

$$\hat{x}(t) \overset{\Delta}{=} \begin{bmatrix} x^0(t) \\ x(t) \end{bmatrix}, \quad \hat{f} = \begin{bmatrix} f^0 \\ f \end{bmatrix} \tag{6}$$

Fie funcţia

$$H(t, x, \hat{\lambda}, u) \overset{\Delta}{=} \sum_{i=0}^{n} \lambda^i f^i(t, x, u) = \hat{\lambda}^T \hat{f}(t, x, u) \tag{7}$$

definită pentru orice $\hat{\lambda} = [\lambda^0 \lambda^1 \ldots \lambda^n]^T$ numită variabilă adjunctă şi de asemenea fie funcţia

$$H^0(t, x, \hat{\lambda}) \overset{\Delta}{=} \inf_{u \in U} H(t, x, \hat{\lambda}, u) \tag{8}$$

Pe baza lui (7) se deduce sistemul canonic (de tip Hamilton) de $(2n + 2)$ ecuaţii cu $(2n + 2)$ necunoscute:

$$\frac{d\hat{x}(t)}{dt} = H_{\hat{\lambda}}(t, x, \hat{\lambda}, u) \tag{9}$$

$$\frac{d\hat{\lambda}(t)}{dt} = - H_{\hat{x}}(t, x, \hat{\lambda}, u) \tag{10}$$

cu

$$H_{\hat{x}} \overset{\Delta}{=} \begin{bmatrix} H_{x^0} \\ H_{x^1} \\ \vdots \\ H_{x^n} \end{bmatrix} \text{ şi } H_{\hat{\lambda}} = \begin{bmatrix} H_{\lambda^0} \\ H_{\lambda^1} \\ \vdots \\ H_{\lambda^n} \end{bmatrix} \tag{11}$$

Notînd

$$\hat{A}(t) \overset{\Delta}{=} \hat{f}_{\hat{x}}(t, x(t), u(t)) = \begin{bmatrix} f^0_{x^0} & f^0_{x^1} & \ldots & f^0_{x^n} \\ f^1_{x^0} & f^1_{x^1} & \ldots & f^1_{x^n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ f^n_{x^0} & f^n_{x^1} & \ldots & f^n_{x^n} \end{bmatrix} \tag{12}$$

se obţine că

$$\frac{d\hat{\lambda}}{dt} = - \hat{A}^T(t)\hat{\lambda} \tag{13}$$

care este un sistem liniar și omogen de ecuații diferențiale și se numește sistem adjunct asociat comenzii $u(.)$ și traiectoriei $x(.)$. Cum

$$f^i_{x_0}(t, x, u) = 0, \; i = 0,1,\ldots,n \text{ se deduce imediat că}$$

$$\frac{d\lambda^0}{dt} = 0 \quad \text{deci} \quad \lambda^0 = \text{ct.}$$

Cu toate aceste considerații se poate enunța **p.m.** pentru extreme fixe: fie $u(.)$ o comandă care transferă starea x_0, la momentul t_0, în starea x_f și fie $x(.)$ traiectoria corespunzătoare, iar t_f momentul de timp pentru care $x(t_f) = x_f$. Atunci dacă $(u(.), x(.))$ este o pereche optimală, următoarele condiții (de necesitate) sînt îndeplinite:

a) există o soluție $\hat{\lambda}(.)$ neidentic nulă pe $[t_0, t_f]$ a sistemului adjunct (13) asociat perechii $(x(.), u(.))$ astfel încît

$$H(t, x(t), \hat{\lambda}(t), u(t)) = H^0(t, x(t), \hat{\lambda}(t)) \tag{14}$$

în toate momentele t ale intervalului $[t_0, t_f]$.

$$\text{b)} \quad H^0(t, x(t), \hat{\lambda}(t)) = \int_{t_f}^{t} \hat{\lambda}^T(\tau) \hat{f}_t(\tau, x(\tau), u(\tau))\, d\tau \tag{15}$$

$$\lambda^0 = \text{ct} \leqslant 0$$

Dacă sistemul (1) este invariant, atunci

$$H^0 x((t), \hat{\lambda}(t)) = 0, \quad \forall t \in [t_0, t_f] \tag{16}$$

P.m. se poate formula, de o manieră similară, și în cazul extremelor mobile sau în cazul în care apar restricții suplimentare de tipul

$$\int_{t_0}^{t_f} f^{n+i}(t, x(t), u(t))\, dt = a_i, \quad i = 1,2,\ldots,l$$

și care se numesc condiții izoperimetrice, constituind, alături de → **programarea dinamică**, o modalitate practică de determinare a soluției unei probleme de optimizare.

principiul superpoziției, principiu ce servește, în multe cazuri, drept definiție a sistemelor liniare și care afirmă că la o sumă de cauze se obține un efect, care este suma efectelor corespunzătoare fiecărei cauze. În acest sens, de ex., în răspunsul unui sistem liniar se poate evidenția o componentă forțată și o componentă liberă

$$x(t) = \varphi(t; x_0, u(.)) = \varphi(t; 0; u(.)) + \varphi(t; x_0, 0) = x_f(t) + x_l(t)$$

$$y(t) = Cx(t) = y_f(t) + y_l(t)$$

sau mai mult, componenta forțată se poate descompune într-o componentă permanentă (stabilizată) și o componentă tranzitorie. De asemenea, pentru o

mărime de intrare

$$u(t) = \sum_{i=1}^{l} u_{ii}(t)$$

răspunsul sistemului va fi

$$y(t) = y_l(t) + y_f(t) = y_l(t) + \sum_{i=1}^{l} y_i(t)$$

cu $y_i(t)$ răspunsul forţat al sistemului la intrarea $u_i(t)$.

problema Bode, problemă fundamentală a teoriei clasice a sistemelor liniare ce se formulează în felul următor: dîndu-se o funcţie $H(s)$, $s \in \mathbb{C}$ şi care pentru $s = j\omega$ devine

$$H(j\omega) = U(\omega) + jV(\omega) = H(\omega)\, e^{i\varphi(\omega)}$$

să se determine ce legături există între $U(\omega)$ şi $V(\omega)$, respectiv $H(\omega)$ şi $\varphi(\omega)$ sau mai precis modul în care

$$H(\omega) \to \varphi(\omega)$$
$$U(\omega) \to V(\omega)$$

Dacă: a) $\overline{H(\bar{s})} = H(s)$

b) $H(s)$ este olomorfă în $\overset{\circ}{\mathbb{C}}{}^{+} = \{s \mid \mathrm{Re}\, s > 0\}$ adică $H(s)$ nu are poli şi zerouri în $\overset{\circ}{\mathbb{C}}{}^{+}$.

c) $H(s)$ este olomorfă pe axa imaginară, exceptînd un număr finit de puncte izolate $s_i = j\omega_i$ pentru care

$$\lim_{s \to j\omega_i} (s - j\omega_i) H(s) = 0$$

deci $H(s)$ nu are poli pe axa imaginară, dar poate să aibă zerouri, în număr finit, atunci **p.B.** are soluţie, iar $H(s)$ ce satisface condiţiile a), b), c), se numeşte de *fază minimă* (în caz contrar $H(s)$ se zice de *fază neminimă*). Soluţia **p.B.** este conţinută în următoarele rezultate:

$$V(\omega) = \frac{2\omega}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{U(\eta) - U(\omega)}{\eta^2 - \omega^2}\, d\eta \qquad \text{I-a formulă Bode}$$

$$V(\omega) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{dU(\eta)}{d\xi} \ln \operatorname{cth} \frac{|\xi|}{2}\, d\xi;\ \eta \overset{\Delta}{=} \omega e^{\xi} \text{ : a II-a formulă Bode}$$

$$V(\omega) = \frac{\pi}{2} \frac{dU(\omega)}{d\xi} + \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \left[\frac{dU(\eta)}{d\xi} - \frac{dU(\omega)}{d\xi} \right] \ln \operatorname{ctg} \frac{|\xi|}{2}\, d\xi,$$

$$\text{cu } \frac{dU(\omega)}{d\xi} = \left. \frac{dU(\eta)}{d\xi} \right|_{\xi=0} \qquad \text{a II'-a formulă Bode}$$

din care se poate deduce și implicația $H(\omega) \Rightarrow \varphi(\omega)$

$$\varphi(\omega) = \frac{2\omega}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{\ln H(\eta) - \ln H(\omega)}{\eta^2 - \omega^2} d\eta \qquad \text{I-a formulă Bode}$$

$$\varphi(\omega) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \left[\frac{d \ln H(\eta)}{d\xi} \right] \ln \operatorname{cth} \frac{|\xi|}{2} d\xi \qquad \text{a II-a formulă Bode}$$

$$\varphi(\omega) = \frac{\pi}{2} \left[\frac{d \ln H(\omega)}{d\xi} \right] + \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \left[\frac{d \ln H(\eta)}{d\xi} - \frac{d \ln H(\omega)}{d\xi} \right] \ln \operatorname{cth} \frac{|\xi|}{2} d\xi$$

$$\text{cu } \frac{d \ln H(\omega)}{d\xi} = \left. \frac{d \ln H(\eta)}{d\xi} \right|_{\xi=0} \qquad \text{a II'-a formulă Bode}$$

Relațiile anterioare, ce reprezintă soluția **p.B.**, sînt fundamentale pentru analiza și sinteza sistemelor liniare, în frecvență.

problema reglării, problemă de bază în cadrul teoriei sistemelor, ce constă în determinarea legii de comandă

$$u = F_1 x_1 + F_2 x_2 \tag{1}$$

astfel încît eroarea de calitate a unui sistem să satisfacă condiția:

$$\lim_{t \to \infty} z(t) = 0 \tag{2}$$

P.r. este formulată pentru sistemul liniar (continuu):

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= A_1 x_1 + A_3 x_2 + B_1 u \\ \dot{x}_2 &= \qquad\quad A_2 x_2 \\ y &= C_1 x_1 + C_2 x_2 = -\tilde{y} + y_{ref} \\ z &= D_1 x_1 + D_2 x_2 = -\tilde{z} + z_{ref} \end{aligned} \tag{3}$$

în care $x_1 \in \mathbb{R}^{n_1}$ este starea procesului propriu-zis, $x_2 \in \mathbb{R}^{n_2}$ este starea **generatorului de semnale externe**, $u \in \mathbb{R}^m$ este mărimea de comandă, $y \in \mathbb{R}^p$ este eroarea măsurată, $z \in \mathbb{R}^q$ eroarea de calitate, iar matricile A_1, A_2, A_3, C_1, C_2, D_1, D_2 sînt de dimensiuni corespunzătoare. **P.r.** se formulează în contextul unei „clase precizate de semnale externe (perturbații, referințe) sistemului" specificate prin alegerea lui A_2; de ex., dacă $A_2 = 0 \in \mathbb{R}^{1\times 1}$ atunci $x_2(t) = C = x_2(0) \in \mathbb{R}^1$ adică semnalele externe sînt reprezentate de clasa mărimilor treaptă de amplitudine $x_2(0)$ aleasă prin alegerea acestei condiții inițiale; dacă $A_2 = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$ atunci cum $\dot{x}_2^1(t) = x_2^2(t)$ și $\dot{x}_2^2(t) = 0$ se obține $x_2^2(t) = C_2 =$

$= x_2^2(0)$, iar $x_2^1(t) = C_2 t + C_1 = x_2^2(0)t + x_2^1(0)$ deci se generează clasa semnalelor de tip rampă etc. O a doua observaţie este aceea că z_{ref} reprezintă „programul" de conducere pentru mărimea de calitate $\tilde{z}$ care însă, nefiind măsurabilă direct, cere ca realizarea deziderat ului (2) să se facă impunînd mărimea de referinţă y_{ref}, pentru mărimea măsurată $\tilde{y}$, care „copiază" programul lui z_{ref}. Şi, în sfîrşit, este de menţionat că legea de comandă (1) apelează direct la variabilele de stare x_1, x_2 şi în majoritatea cazurilor (cel puţin x_1) acestea nu sînt măsurabile şi deci (1) nu poate fi implementată; ca urmare formularea dată pînă în prezent nu are pretenţia unei realizări fizice şi se desemnează mai concret cu denumirea de „problema primară a reglării (*PPR*)". Soluţionarea *PPR* este posibilă dacă şi numai dacă

$$\mathfrak{X}^+(A) \subset \langle A|Im\ B\rangle + \mathcal{V}^* \tag{4}$$

unde $\mathfrak{X}^+(A) = \ker \mu^+(A)$ cu $\mu(s) = \bar{\mu}(s)\,\mu^+(s)$ polinomul minimal al matricii A descompus după rădăcinile din $\mathbb{C}^- = \{s/\mathrm{Re}\ s<0\}$ şi din $\mathbb{C}^+ = \{s/\mathrm{Re}\ s \geqslant 0\}$, $\langle A|ImB\rangle$ este subspaţiul controlabil al perechii (A, B) iar $\mathcal{V}^* = \sup I(A, B; \ker D)$ este cel mai mare subspaţiu (A, B) — invariant conţinut în nucleul lui $D \overset{\Delta}{=} [D_1 D_2]$ şi unde

$$A = \begin{bmatrix} A_1 & A_3 \\ 0 & A_2 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} B_1 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} \tag{5}$$

Considerînd, pentru sistemul (3), compensatorul

$$\dot{x}_c = A_c x_c + B_c y; \qquad x_c \in \mathbb{R}^{n_c} \tag{6}$$

$$u = F_c x_c + G_c y$$

şi uzînd de notaţiile (5) rezultă că sistemul obţinut din (3) şi (6) este descris de ecuaţiile:

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{x}_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A + BG_cC & BF_c \\ B_cC & A_c \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ x_c \end{bmatrix} \tag{7}$$

$$z = [D \quad 0] \begin{bmatrix} x \\ x_c \end{bmatrix}$$

p.r. formulîndu-se astfel: să se determine compensatorul $(n_c, A_c, B_c, F_c, G_c)$ astfel încît să se îndeplinească condiţia de reglare (2) pentru orice iniţializare $\begin{bmatrix} x(0) \\ x_c(0) \end{bmatrix}$; în acest caz compensatorul (6) se numeşte regulator. În caz general, cînd perechea (C, A) nu este detectabilă, punînd

$$\mathcal{N} = \bigcap_{i \geqslant 0} \ker CA^i \tag{8}$$

subspaţiul neobservabil al perechii (C, A), stările nedetectabile sînt date de

$$\tilde{\mathfrak{X}} \overset{\Delta}{=} \mathcal{N} \cap \mathfrak{X}^+(A) \tag{9}$$

și față de $\tilde{\mathfrak{X}}$, cu descompunerea $\mathbb{R}^n = \bar{\mathfrak{X}} \oplus \tilde{\mathfrak{X}}$ se obține realizarea echivalentă $(\hat{A}, \hat{B}, \hat{C}, \hat{D})$ avînd structura din → **teorema de descompunere observabilă:**

$$\hat{A} = \begin{bmatrix} \bar{A} & 0 \\ M & \tilde{A} \end{bmatrix} \dim \tilde{\mathfrak{X}}, \quad \hat{B} = \begin{bmatrix} \bar{B} \\ \tilde{B} \end{bmatrix}$$

$$\hat{C} = [\bar{C} \quad 0] \tag{10}$$

$$\hat{D} = [\bar{D} \quad \tilde{D}]$$

Cu aceste observații, se poate enunța rezultatul fundamental: **p.r.** are o soluție dacă și numai dacă $\tilde{\mathfrak{X}} \subset \ker D$ și *PPR* formulată pentru $(\bar{A}, \bar{B}, \bar{D})$ din (10) are o soluție. În sistemul (7) ținînd cont de (5), se poate evidenția un sistem în circuit închis, caracterizat de starea $x_R = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_c \end{bmatrix}$ și care este descris de

$$\begin{aligned} \dot{x}_R &= A_R x_r + B_R x_2 \\ \dot{x}_2 &= \qquad\quad A_2 x_2 \\ z &= D_R x_R + D_2 x_2 \end{aligned} \tag{11}$$

$$A_R = \begin{bmatrix} A_1 + B_1 G_c C_1 & B_1 F_c \\ B_c C_1 & A_c \end{bmatrix}, \quad B_R = \begin{bmatrix} A_3 + B_1 G_c C_2 \\ B_c C_2 \end{bmatrix} \tag{12}$$

$$D_R = [D_1 \quad 0]$$

Dacă în plus față de condiția de reglare (2) se impune și stabilitatea internă a sistemului în circuit închis caracterizat de starea, x_R, adică

$$\sigma(A_R) \subset \mathbb{C}^- \tag{13}$$

se obține problema reglării intern stabile (*PRIS*). Presupunînd că (C, A) este o pereche detectabilă, atunci *PRIS* are o soluție (numită „*regulator intern stabil*") dacă și numai dacă perechea (A_1, B_1) este stabilizabilă și există matricile V și W astfel încît să fie satisfăcute → **ecuațiile reglării**

$$A_1 V - V A_2 + B_1 W + A_3 = 0 \qquad W = F_1 V + F_2$$

$$D_1 V + D_2 = 0 \tag{14}$$

O soluție a *PRIS* se numește structural stabilă într-un punct parametric $p \in \mathbb{R}^n$ (ce are drept coordonate, elementele matricilor A_1, A_3, B_1, A_c, B_c, F_c, G_c) dacă proprietățile (2) și (13) se mențin într-o vecinătate deschisă a lui p. Cu această definiție se poate formula problema reglării structural stabile (*PRSS*): să se determine o soluție a *PRIS* care să fie structural stabilă într-un punct parametric p în care soluția este definită. Pe scurt, *PRSS* are o soluție (numită „*regulator structural stabil*") dacă și numai dacă: tripletul (A_1, B_1, C_1) este stabilizabil și detectabil, matricea $[D_1 \quad D_2]$ este deductibilă din $[C_1 \quad C_2]$ și

$$\operatorname{rang} \begin{bmatrix} A_1 - \lambda_i I_1 & B_1 \\ D_1 & 0 \end{bmatrix} = n_1 + q, \quad \forall \lambda_i \in \sigma(A_2) \tag{15}$$

Concluzia importantă ce se reţine este aceea că pentru ca *PRSS* să aibă o soluţie trebuie ca regulatorul să conţină un „*model intern al semnalelor exogene*" şi care trebuie să fie activat de eroare.

proces, succesiune de transformări ce caracterizează diverse obiecte sau fenomene în desfăşurarea lor spaţial-temporală. O definire mai riguroasă se poate face cu referire la noţiunea de **p.** fizic la nivel termodinamic prin care se înţelege „tranziţia unui sistem termodinamic dintr-o stare termodinamică în alta". În general, orice **p.** fizic implică transferuri de energie şi de masă. Din punctul de vedere al automatizării interesează **p.** fizice care au loc în instalaţiile industriale, denumite de regulă **p.** *tehnologice*. Obiectul automatizării îl constituie conducerea, fără intervenţia directă a unui operator uman (→ **automatizare**) a transferurilor de energie şi masă caracteristice unui **p.** tehnologic în vederea satisfacerii unui anumit criteriu de calitate. Sub o formă foarte generală, dar utilă pentru abordarea sistemică, un **p.** tehnologic poate fi reprezentat schematic ca în fig. P.3. în care prin W_i şi W_e s-au notat „debitele" de

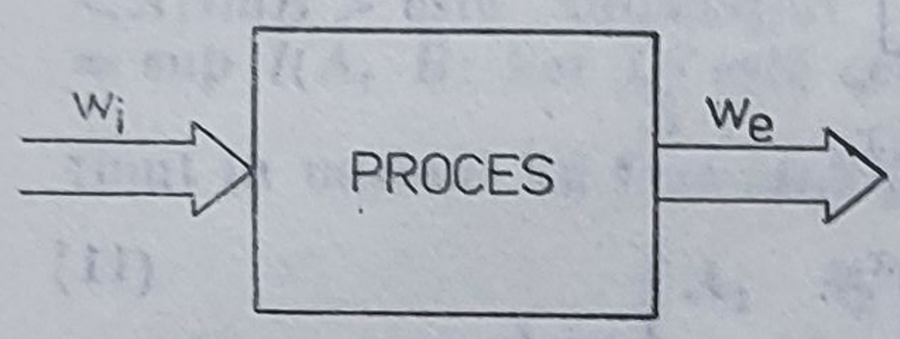


Fig. P.3. Reprezentarea schematică a unui proces tehnologic.

materii prime şi energie utilizate în proces, respectiv cele de „produse finite" exprimate prin echivalenţe deduse din raportarea la aceleaşi unităţi de măsură. Descrierea **p.** tehnologice se poate efectua pe baza relaţiilor de bilanţ între W_i şi W_e. Dacă o asemenea relaţie, neglijînd evidenţierea „pierderilor" se poate exprima formal prin

$$W_i - W_e = 0 \tag{1}$$

rezultă un regim de echilibru denumit şi regim staţionar.
Dacă

$$W_i - W_e \neq 0$$

p. se află într-un regim de dezechilibru sau regim dinamic, adesea denumit şi tranzitoriu în ideea restabilirii echilibrului. Închiderea bilanţului în acest caz se face prin variaţia unui set de mărimi unic determinate care descriu fenomenele de acumulare corespunzătoare **p.** şi care poartă denumirea de mărimi de stare. Considerînd, pentru simplitate, situaţia în care intervine o singură mărime de stare x se poate scrie

$$\dot{x} = W_i - W_e \tag{3}$$

unde $\dot{x} \triangleq dx/dt$
Este de remarcat că pentru $W_i - W_e = \text{ct.}$ fenomenele de acumulare ar continua la nesfîrşit, nepermiţînd restabilirea echilibrului. Ţinînd cont de proprietatea cunoscută de autoechilibrare a **p.**, rezultă necesitatea modificării relaţiei (3) la forma

$$\dot{x} = ax + W_i - W_e, \quad a < 0 \tag{4}$$

Din (4) se poate deduce că regimului staţionar îi corespunde ecuaţia

$$W_i = W_e - ax \tag{5}$$

din care rezultă că un anumit debit de produse finite W_e poate proveni din prelucrarea unor debite diferite de materii prime și energie, dacă nivelurile de acumulare sînt diferite. Pe de altă parte se impune ca obținerea debitului de produse finite W_e să se facă menținînd mărimea de stare x la o anumită valoare prescrisă sau nominală x_n. Astfel, relația finală de regim staționar este

$$W_i = W_e - ax_n \tag{6}$$

prin care se explicitează că producerea debitului de produse finite W_e are loc în condițiile desfășurării p. la parametrii nominali. Relația (6) pune în evidență proprietatea de calitate în sensul că produsele finite cerute W_e sînt furnizate avînd anumite calități exprimate prin $x = x_n$. Regimul dinamic poate apare datorită caracterului perturbator al variațiilor debitului de produse W_e avînd drept consecință abateri de la echilibrul staționar descris de relația (6). Pentru revenirea p. la un regim staționar, care să corespundă și proprietății de calitate ($x = x_n$), este necesară o modificare adecvată a debitului de materii prime și energie W_i (univoc determinat de (6)). Reprezentarea sistemică a regimului dinamic necesită introducerea unor mărimi specifice → **sistemelor dinamice**. Astfel modificarea debitului primar W_i se realizează prin intermediul mărimii de comandă u, ceea ce conduce la exprimarea sub forma

$$W_i = b \cdot u \tag{7}$$

Efectul perturbator provocat de variațiile debitului W_e se evidențiază scriind

$$W_e = -e \cdot v \tag{8}$$

unde v este mărimea perturbatoare considerată de semn invers lui W_e, pentru a evidenția faptul că pentru compensarea efectelor sale mărimea de comandă trebuie să acționeze în sens opus. Avînd în vedere că mărimea de stare x descrie proprietatea de calitate se poate defini mărimea de calitate z sub forma

$$z = d \cdot x \tag{9}$$

cu valoarea nominală z_n. În relațiile (7), (8), (9), b, e și d sînt factori de proporționalitate utili pentru reprezentări mai generale. Deoarece nu totdeauna este posibilă observarea directă a îndeplinirii dezideratului de calitate $z = z_n$, apare necesitatea măsurării unor mărimi accesibile care să reflecte proprietatea de calitate. Se introduce astfel mărimea măsurată y, direct dependentă de starea x

$$y = c \cdot x \tag{10}$$

unde c este, de asemenea, un factor de proporționalitate.
Combinînd relațiile precedente rezultă

$$\begin{aligned} \dot{x} &= ax + bu + ev \qquad (a < 0) \\ y &= c\,x \\ z &= dx \end{aligned} \tag{11}$$

Ansamblul relațiilor (11) constituie o reprezentare sistemică elementară pentru procesul considerat, schema corespunzătoare fiind prezentată în fig. P.4. Pentru interpretarea sistemică a p., obținută urmărind în principal un scop metodologic, au fost admise ipoteze simplificatoare, relațiile introduse fiind

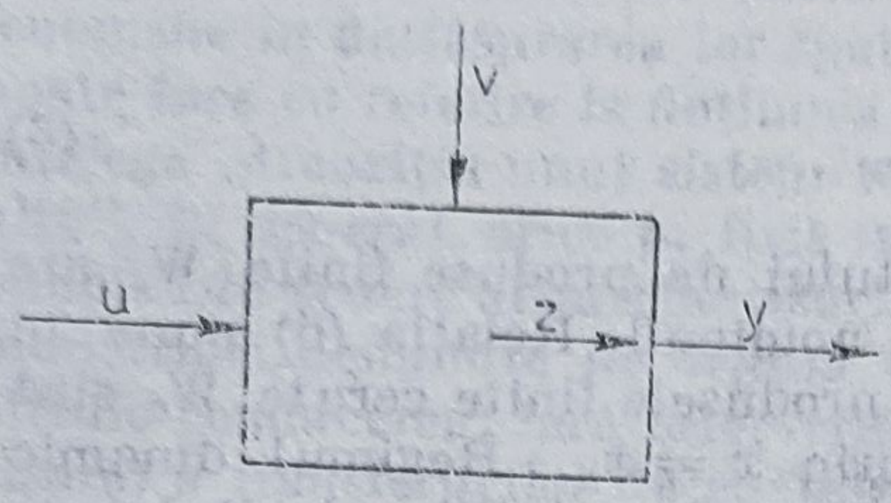


Fig. P.4. Reprezentarea sistemică elementară a unui proces.

considerate liniare și fenomenele de acumulare considerate că au loc în mod concentrat. Dacă astfel de ipoteze nu pot fi admise descrierea sistemică a proceselor face apel la reprezentările proprii sistemelor neliniare, respectiv celor cu parametrii distribuiți. Pe de altă parte se poate observa că în cazul păstrării liniarității și concentrării acumulării generalizarea dimensională a ecuațiilor (11) este imediată rezultînd

$$\begin{aligned} \dot{x} &= Ax + Bu + Ev \\ y &= Cx \\ z &= Dx \end{aligned} \tag{12}$$

relații similare celor deduse pentru → **sistemele dinamice** *liniare*, unde x, y, z, u, v sînt vectori iar A, B, C, D, E sînt matrici.

procesor, program de calcul (elaborat într-un limbaj specializat pentru programarea automată a mașinilor unelte) pe baza căruia un calculator universal prelucrează datele dintr-un program-piesă și furnizează pe baza lor lista de date de ieșire p. Rezultatele furnizate de p. sînt independente de caracteristicile mașinii-unelte pe care se va executa piesa programată.

produs direct al automatelor, automat $A = A_1 \times A_2 = (U, x, y, \varphi, \eta)$ care se obține din compunerea a două automate $A_1 = [U_1, X_1, y_1, \varphi_1, \eta_1]$ și $A = [U_2, X_2, y_2, \varphi_2, \eta_2]$, care au același alfabet de intrare $U_1 = U_2 = U$. Fiecare stare $x \in X = x_1 \times x_2$ a automatului este o compunere a două stări, una din automatul A_1, alta din automatul A_2, după relația $\varphi((x_1, x_2), u) = (\varphi_1(x_1, u), \varphi_2(x_2, u))$ iar fiecare ieșire $y \in Y = y_1 \times y_2$ este o compunere a două stări, una din automatul A_1 și alta din automatul A_2, după relația $\eta((x_1, x_2), u) = (\eta_1(x_1, u), \eta_2(x_2, u))$.

program, modalitate de reprezentare a unui algoritm, matematic sau de altă natură, într-un limbaj de programare. De regulă p. au o structură modulară, fiecare modul asigurînd o anumită funcție, bine precizată în cadrul sistemului de p. Dintre numeroasele tipuri de p. se enumeră cele cu relevanță pentru automatică și conducerea proceselor: p. *de aplicații*, avînd drept obiectiv soluționarea unor probleme legate de specificul procesului condus, p. *de bază*, cu care sînt dotate sistemele de conducere pentru asigurarea unor funcții general utilizabile în conducerea oricăror procese industriale (cum ar fi p. de efectuare a operațiilor aritmetice, de evaluare a valorilor unei funcții, de realizare a comunicației cu periferice generale sau cu alte sisteme de conducere, de tratare a întreruperilor, de asigurare a temporizărilor fixe sau variabile etc.); p. *de test*, sistem de p. destinat testării bunei funcționări a unui sistem de conducere; p. de test pot fi de tipul off-line, utilizate

la testarea sistemului înainte de punerea în funcțiune sau după efectuarea unei operații majore de întreținere și reparații, sau on-line, utilizate la testarea permanentă a sistemului de conducere în funcțiune. În acest al doilea caz, p. de test constituie o activitate de fundal, cu prioritate minimă în cadrul sistemului, și sînt rulate complet pe durata mai multor cicluri de funcționare a sistemului de conducere (→ **testare**). În funcție de limbajul de programare utilizat, p. pot fi scrise în limbaje de nivel înalt sau în limbaje de nivel inferior(→ **limbaj**) ; p. *sursă*, scris în limbaj de nivel înalt sau coborît, dar necorespunzător încă execuției propriu-zise; p. *obiect* rezultat din compilarea (→ **compilare**, → **compilator**) sau asamblarea (→ **asamblor**) sa într-o formă imediat (sau aproape imediat, după efectuarea legăturilor cu alte module) executabilă de către mașină.

program mașină, transcrierea codificată a programului piesă de purtătorul de informații acceptat de echipamentul de comandă al mașinii-unelte în codul și formatul adecvate acestui echipament, în scopul asigură ritcmenzii mașinii-unelte.

program piesă, ansamblu organizat de instrucțiuni conținînd informațiile din fișa tehnologică de programare, prelucrate și transmise într-un limbaj specializat, în vederea obținerii programului-mașină.

programare, ansamblu de operații avînd ca scop transpunerea în formă de program a unui algoritm matematic (→ **programare dinamică**, → **programare matematică**) sau de altă natură. Activitatea de p. presupune elaborarea specificației funcționale a sistemului de programe, elaborarea programelor propriu-zise, testarea acestora, implementarea pe sistemul de conducere, documentarea și eventual întreținerea.

programare absolută (a mașinilor cu comandă numerică), programare în care dimensiunile geometrice sînt exprimate prin distanțe față de originea axelor de coordonate.

programare automată a mașinilor unelte, procedură de elaborare a programului pentru prelucrarea pieselor pe mașini-unelte cu comandă numerică utilizînd limbaje simbolice specializate, care permit să se definească geometria și tehnologia pieselor și să precizeze traiectoriile și condițiile de deplasare ale organelor mobile. Aceste limbaje sînt de două tipuri: a) cu filieră discontinuă, care necesită două programe tip: procesor (→ **procesor**) și post-procesor (→ **post-procesor**); b) cu filieră continuă (monobloc). Din prima categorie, primul limbaj de programare automată a fost *APT* (Automatic Programming Tools), (S.U.A.), pe baza căruia s-au elaborat mai multe limbaje diferențiate în special prin raportul dintre posibilitățile de definiție geometrice și cele tehnologice, dintre care cele mai importante sînt *ADAPT* (S.U.A.), *EXAPT* (R. F. Germania), *IFAPT* (Franța). Din limbajele aparținînd celei de a doua categorii, mai cunoscut este *SPLIT* (Marea Britanie). La noi în țară se utilizează limbaje de filieră discontinuă, de tip *ADAPT* sau *IFAPT*, ultimul fiind compatibil cu calculatorul FELIX—256 K.

programare dinamică, metodă de rezolvare a problemelor de → **optimizare** a sistemelor dinamice, bazate pe aplicarea directă a principiului optimalității, care afirmă că orice segment final al unui proces de conducere optimal constituie el însuși un proces de conducere optimal. În cazul sistemelor dinamice discrete denumirea uzuală este de **p.d.** discretă și se exprimă prin ecuația lui Bellman, sau ecuația **p.d.** *discrete*:

$$V(t, x) = \min_{v \in \mathcal{U}(t)} \{L(t, x, v) + V(t + 1, f(t, x, v))\} \qquad (1)$$

caracterizată prin următoarele elemente:

a) sistemul dinamic discret (neliniar)

$$x(t+1) = f(t, x(t), u(t)), \quad x(t_0) = x_0, \quad t \in \mathbb{Z} \tag{2}$$

și în care asupra vectorului de comandă $u(t)$, la fiecare moment de timp discret $t \geqslant t_0$, se impun restricții de forma:

$$u(t) \in \mathcal{U}(t) \tag{3}$$

unde $\mathcal{U}(t) \in \mathbb{R}^m$ sînt submulțimi precizate, ce pot fi variabile în timp, ale spațiului de comandă $\mathbb{R}^m$. Un șir de comandă $u(t) : t \to \mathbb{R}^m$ se numește șir de comandă admisibil dacă și numai dacă $u(t) \in \mathcal{U}(t)$, $\forall t \geqslant t_0$; b) evoluției sistemului (1) pe intervalul $[t_0, t_f]$ i se asigură indicele de performanță

$$I_0 = \sum_{t=t_0}^{t_f-1} L(t, x(t), u(t)) + M(x(t_f)) \tag{4}$$

Cum această evoluție, pentru faza (x_0, t_0) arbitrară, dar fixată, și un șir de comandă admisibil precizat $u(\cdot)$, este descrisă de

$$x(t) = \varphi(t; t_0, x_0, u(\cdot)), \quad t \geqslant t_0$$

rezultă imediat că

$$I_0 = I(t_0, x_0, u(\cdot)) \tag{5}$$

Similar, pentru un segment final al traiectoriei, avînd ca fază inițială $(t, x) = (t, \varphi(t; t_0, x_0, u(.))$ se poate scrie că traiectoria este

$$x(s) = \varphi(s; t, x, u(\cdot)), \qquad s \geqslant t \tag{6}$$

iar indicele de performanță va fi

$$I(t) = \sum_{s=t}^{t_f-1} L(s, x(s), u(s)) + M(x,(t_f)) \tag{7}$$

unde $u(s) \in \mathcal{U}(s)$ și ținînd cont de ecuația (6) rezultă:

$$I(t) = I(t, x, u(\cdot))$$

unde $u(.)$ denotă șirul de comenzi admisibil $u(t), u(t+1), \ldots, u(t_f - 1)$; c) față de cele prezentate, se notează

$$V(t, x) = \min_{\substack{u(s) \in \mathcal{U}(s) \\ t \leqslant s \leqslant t_f - 1}} \{I(t, x, u(.))\} \tag{8}$$

desemnînd indicele de performanță minim, asociat problemei de conducere optimală discretă (cu timp final fixat). Dacă indicele de performanță minim V este cunoscut, legea de comandă optimală $u(t)$, în circuit închis, se poate determina efectuînd operația de minimizare din (1) și deci

$$u(t) = k(t, x(t)) \overset{\Delta}{=} \arg\min_{v \in \mathcal{U}(t)} \{L(t), x(t), v) + V(t+1, f(t, x(t), v))\} \tag{9}$$

şi ea determină, împreună cu ecuaţiile sistemului, procesul de conducere optimală. În cazul sistemelor dinamice continue se utilizează noţiunea de **p.d.** continuă; problema de conducere optimală în cazul continuu se formulează specificîndu-se

a) sistemul dinamic continuu

$$\dot{x}(t) = f(t, x(t), u(t)), \quad t \in \mathbb{R} \tag{10}$$

şi faza iniţială $(t_0, x(t_0)) = (t_0; x_0)$;

b) mulţimea funcţiilor de comandă admisibile, ce satisfac restricţiile $u(t) \in \mathcal{U}(t)$ cu $\mathcal{U}(t)$ submulţimi precizate ale spaţiului comenzilor $\mathbb{R}^m$;

c) mulţimea ţintă $\mathcal{S} \subset \{t: t \geqslant t_0\} \times \mathbb{R}^m$, adică o submulţime din spaţiul de fază $T \times \mathbb{R}^M$ în care trebuie să ajungă traiectoria de fază a sistemului (10);

d) indicele de performanţă (calitate)

$$I_0 = \int_{t_0}^{\tau} L(t, x(t), u(t))\, dt + M(\tau, x(\tau)) \tag{11}$$

unde τ este momentul de transfer în $\mathcal{S}$ a sistemului(10) sub acţiunea comenzii $u(.)$, iar L şi M sînt funcţii scalare precizate, în general, neliniare. Se cere să se determine o funcţie de comandă admisibilă $u(.)$ care să transfere faza (t_0, x_0) în $\mathcal{S}$ şi să minimizeze indicele de performanţă (11) ataşat sistemului (10). Această comandă se numeşte *funcţia de comandă optimală*, iar procesul de conducere $(x(t), u(t))$, $t_0 \leqslant t \leqslant \tau$ în care $u(.)$ este funcţia de comandă optimală se numeşte *proces* (de conducere) *optimal*. Soluţia problemei de conducere optimală formulată anterior, în cadrul **p.d.** continue este reprezentată de ecuaţia Hamilton-Jacobi-Bellman, sau ecuaţia programării continue

$$-\frac{\partial V(x, t)}{\partial t} = \min_{v \in U(t)} \{L(t, x, v) + \nabla^T(t, x) \cdot f(t, x, v)\} \tag{12}$$

în care

$$V(t, x) = \min_{\substack{u(s) \in U(s) \\ t \leqslant s \leqslant \tau}} \{J(t, x, u(.))\} \tag{13}$$

este funcţia de cost minim asociată problemei de conducere optimală, deoarece

$$I(t) = \int_t^{\tau} L(s, x(s), u(s))\, ds + M(\tau, x(\tau)) = T(t, x, u(.)) \tag{14}$$

reprezintă indicele de performanţă (de cost) pe segmentul $[t, \tau]$ al conducerii optimale, sub acţiunea comenzii $u(.)$, iar $\nabla V(t, x)$ este → gradientul funcţiei V (în raport cu x). Legea de comandă optimală în circuit închis se poate determina prin minimizarea indicată de (12) şi este sub forma

$$u(t) = k(t, x(t)) \overset{\Delta}{=} \arg \min_{v \in \mathcal{U}(t)} \{L(t, x(t), v) + \nabla^T V(t, x(t)) f(t, x(t), v)\} \tag{15}$$

dar, toate considerațiile făcute sînt adevărate numai dacă V este continuu derivabilă în raport cu perechea (t, x) și, de asemenea, dacă minimul din membrul drept al ecuației (14) există și se atinge într-un singur punct.

programare incrementală (a mașinilor unelte cu comandă numerică,) programare în care dimensiunile geometrice sînt exprimate prin distanța față de poziția precedentă.

programare manuală a piesei, elaborarea programului piesă pe baza fișei tehnologice de programare, utilizînd numai operații manuale (fără ajutorul unui calculator); astfel elaborat, programul piesă poate fi transcris direct, sub formă de program mașină, pe purtătorul de informații acceptat de echipamentul mașinii unelte.

programare matematică, metodă de soluționare a problemei minimizării unei funcții reale de n variabile, definită pe submulțimea $\mathcal{X}$ a spațiului euclidian $\mathbb{R}^n$. Ca urmare, **p.m.** revine la determinarea vectorului $x^* \in \mathcal{X}$ astfel încît

$$f(x^*) \overset{\Delta}{=} \min_{x \in \mathcal{X}} f(x) \leqslant f(x), \quad \forall x \in \mathcal{X}$$

Submulțimea $\mathcal{X} \subset \mathbb{R}^n$ constituie mulțimea restricțiilor, iar funcția $f: \mathcal{X} \to \mathbb{R}$ reprezintă funcția obiectiv (funcția de cost, indicele de calitate atașat problemei de **p.m.**). În cazul în care $\mathcal{X} = \mathbb{R}^m$, **p.m.** este fără restricții, iar dacă $\mathcal{X} \subset \mathbb{R}^n$ este cazul unei probleme de **p.m.** cu restricții. Rezolvarea analitică a unei probleme de **p.m.** este în general dificilă deoarece funcția obiectiv și restricțiile sînt de forme complicate și de aceea în practică o astfel de problemă se rezolvă prin metode iterative, a căror esență constă în construcția unui șir minimizant de puncte $x_k \in \mathcal{X}$, $k \geqslant 0$ convergent către x^*, soluția problemei de **p.m.** La o problemă de **p.m.** se reduce și cazul optimizării într-un pas al sistemelor dinamice discrete (→ **optimizare**).

proiectarea asistată de calculator, metodă de elaborare a sistemelor complexe de conducere în cadrul căreia calculatorul joacă un rol important în ceea ce privește efectuarea de calcule, căutări, generări de baze de date etc., rolul major privind deciziile revenind proiectantului. **P.a. de c.** necesită un calculator cu un sistem de operare care să permită lucrul conversațional (din considerente de eficiență). Pentru elaborarea sistemelor de conducere **p.a. de c.** are drept scop realizarea sistemului de programe — pe baza unor module existente — și a bazei de date aferente, ce urmează a se implementa pe echipamentul ce se utilizează în conducere.

proprietăți cauzale și anticauzale, proprietăți ale unui sistem dinamic ce poartă amprenta modului în care se interpretează tranziția intrare-ieșire a informației: astfel, pentru a se putea realiza o factorizare a tranziției intrare-ieșire prin intermediul spațiului de stare $\mathcal{X}$, se consideră că aceasta se face conform fig. P.5. Proprietățile cauzale se asociază cu „tranziția cauzală" caracterizată prin: timpul prezent se notează cu τ și reprezintă reperul de măsurare a timpului; comenzile (intrările) se desfășoară în exclusivitate pînă la momentul τ, adică în „trecut"; ieșirea sistemului se consideră de la momentul τ în „viitor"; starea sistemului în momentul aplicării comenzii $(x(s))$ este zero. În acest sens, tranziția cauzală se reprezintă prin

$$u(.) \to x(\tau) \to y(.)$$

și proprietățile cauzale sînt → **accesibilitatea** și → **observabilitatea.** Dacă evoluția din fig. P.5 se consideră din punctul de vedere al „scurgerii inverse

a timpului'' (de la dreapta la stînga) și ordinea de parcurgere a graficelor este de jos în sus, se poate considera succesiunea

$$y(.),\ x(\tau),\ u(.)$$

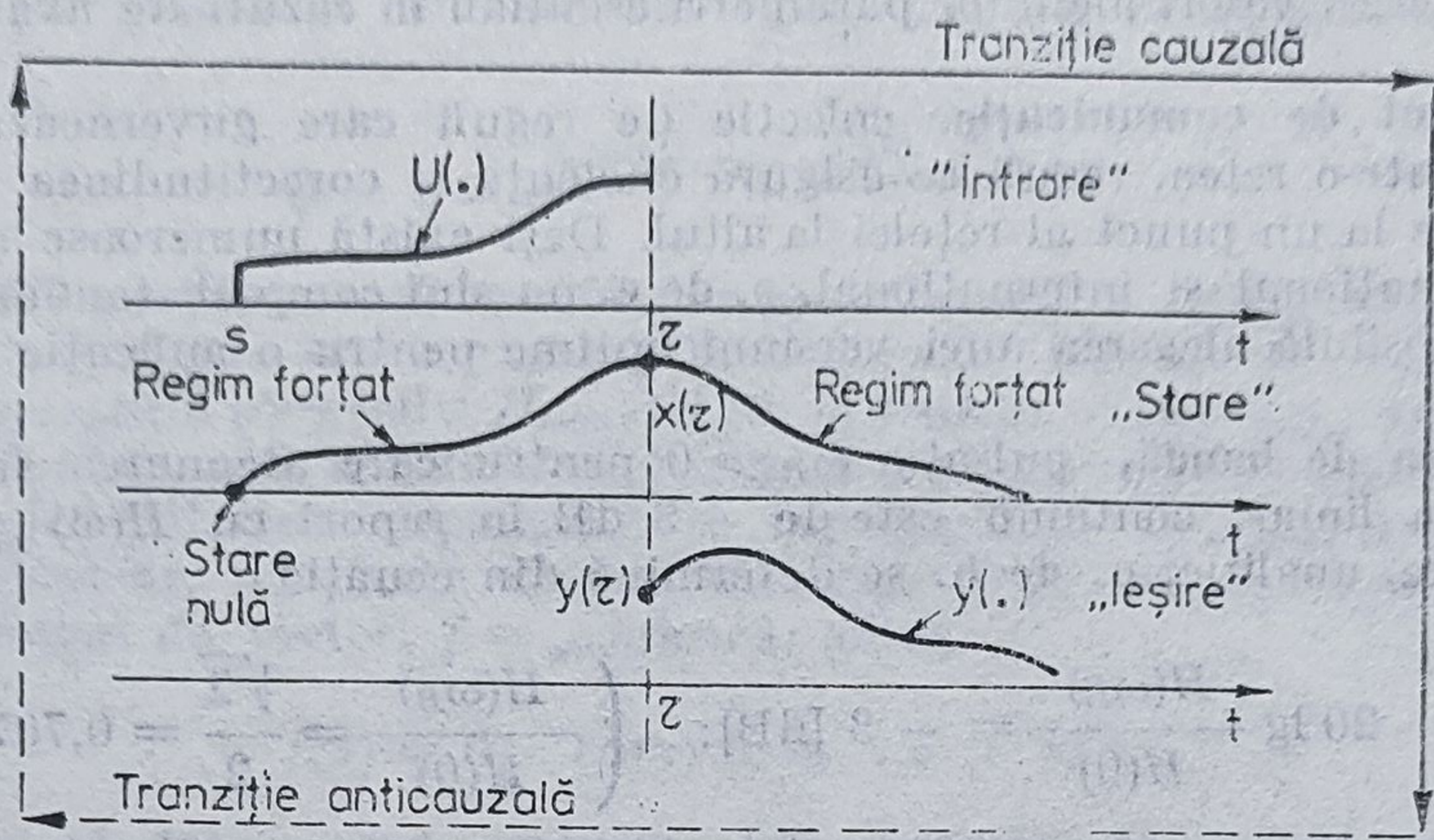


Fig. P.5. Exemplificarea factorizării tranziției intrare-ieșire.

adică o evoluție „în trecut'' a ieșirii (ca regim liber) respectiv un transfer al stării $x(\tau)$ în origine, efectuat în „viitor''. Acest mod de interpretare este caracterizat de proprietățile cauzale care sînt→ **controlabilitate** și → **constructibilitate.** De remarcat că în cazul sistemelor continue (care sînt reversibile) și invariante (la care momentul inițial τ nu este esențial) împărțirea în proprietăți cauzale și proprietăți anticauzale este pur formală.

proprietăți de conexiune (ale unui automat finit determinist), caracteristici specifice ale unui automat $A = (U, X, Y, \varphi, \eta)$, reprezentate prin relațiile prezentate în tabelul P.1, în care U^* reprezintă mulțimea succesiunilor de simboluri la intrare, și anume: *semirestabilire*, dacă starea x la care se poate ajunge cu simbolul de intrare u, este accesibilă prin u de la cel puțin un succesor al lui u; *restabilire*, dacă orice stare este accesibilă de la oricare din succesorii săi imediați; *predecesor unic*, dacă aplicațiile $\{S_u\}_{u \in U}$ sînt injective; *surjecție*, dacă aplicațiile $\{S_u\}_{u \in U}$ sînt surjective; *reversibilitate*, dacă fiecare aplicație S_u este inversabilă și inversa sa este o funcție S_p cu $p \in U^*$; *tare conexiune*, dacă graful atașat automatului este tare conex și orice stare este accesibilă din oricare altă stare.

Proprietatea	Relațiile de reprezentare
Semirestabilire	$\forall u \in U, \forall x \in \varphi(X,i), \exists p \in U^*, f(x,pi) = x$
Restabilire	$\forall u \in U, \forall x \in X, \exists p \in U^*, f(x,ip) = x$
Predecesor unic	$\forall u \in U, \forall x_1, x_2 \in X, [\varphi(x_1,i) = f(x_2,i) \rightarrow x_1 = x_2]$
Surjecție	$\forall u \in U, f(X,u) = X$
Reversibilitate	$\forall u \in U, \exists p \in U^*, \forall x \in X, \varphi(x,ip) = x$
Tare conexiune	$\forall x_1, x_2 \in X, \exists p \in U^*, f(x_1,p) = x_2$

protocol, raport elaborat periodic sau la cerere de către sistemul de conducere şi care conţine date despre procesul condus sau chiar despre sistemul propriu-zis. De regulă, **p.**, afişate pe display sau tipărite la imprimantă, informează operatorul despre configuraţia sistemului, valori ale parametrilor de interes, valori ale unor parametri esenţiali în cazuri de avarii (→ **postmortem**).

protocol de comunicaţie, colecţie de reguli care guvernează transferul de date într-o reţea, reguli ce asigură eficienţa şi corectitudinea transmiterii datelor de la un punct al reţelei la altul. Deşi există numeroase recomandări pe plan naţional şi internaţional, **p. de c.** nu sînt complet standardizate, ceea ce face posibilă alegerea unei versiuni optime pentru o aplicaţie particulară dată.

pulsaţia de bandă, pulsaţia $\omega_B > 0$ pentru care atenuarea introdusă de un sistem liniar, continuu este de -3 dB în raport cu $H(\omega)|_{\omega=0} = H(0)$. Ca urmare, analitic, **p. de b.** se determină din ecuaţia

$$20 \lg \frac{H(\omega_B)}{H(0)} = -3 \text{ [dB]}; \quad \left(\frac{H(\omega_B)}{H(0)} = \frac{\sqrt{2}}{2} = 0{,}707 \right)$$

dar în majoritatea cazurilor, ω_B se determină grafic prin construcţia din fig. P.6. Cu **p. de b.** astfel definită, un sistem liniar, continuu, se poate aproxima cu un filtru ideal trece-jos, avînd caracteristicile de frecvenţă $\tilde{H}(\omega)$, $\tilde{\varphi}(\omega)$ din fig. P.6, aproximare ce este utilă pentru evaluarea acoperitoare a performanţelor de timp tranzitoriu, timp de creştere, timp de întîrziere.

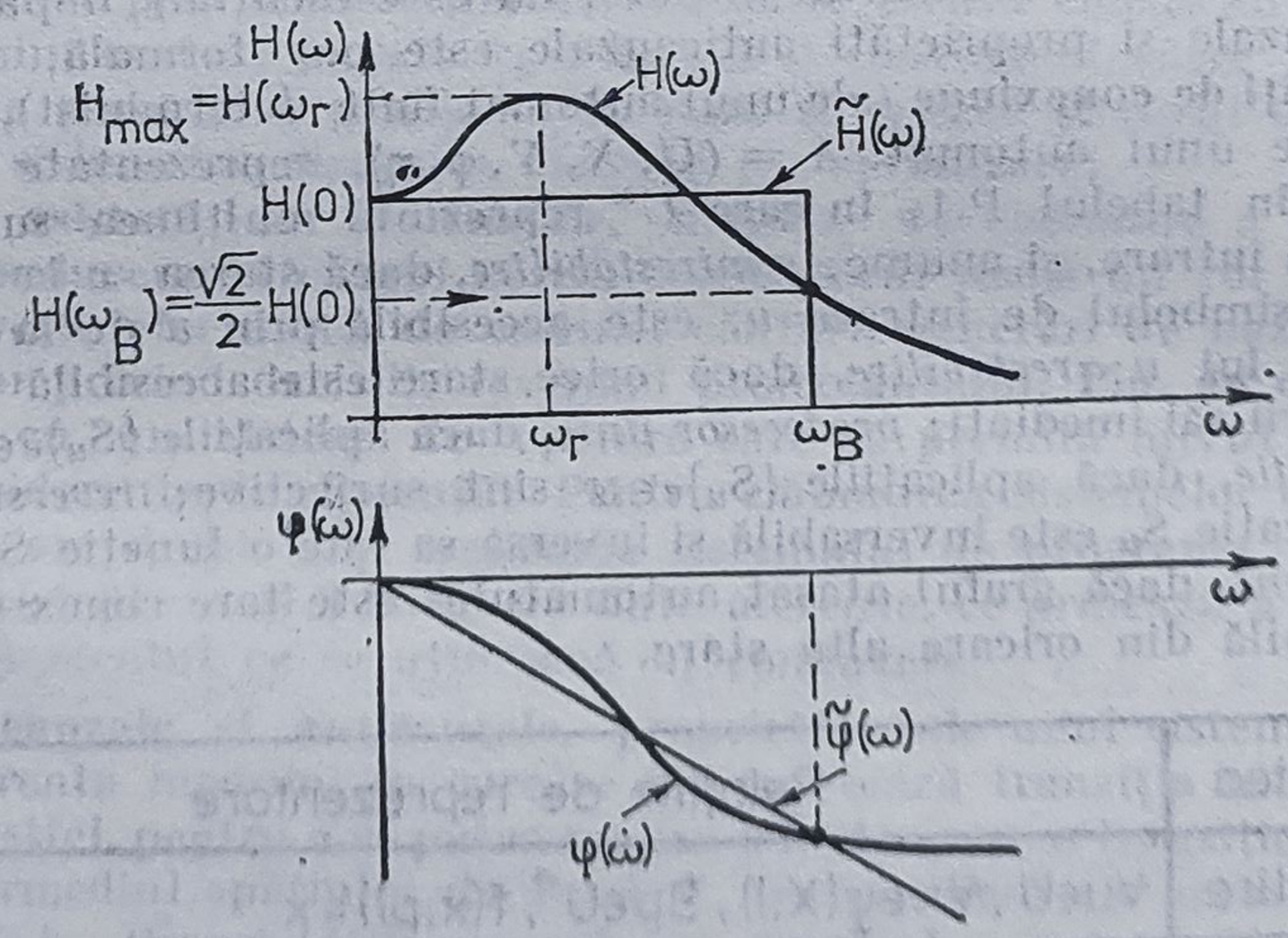


Fig. P.6. Evidenţierea grafică a pulsaţiei de banda.

pulsaţia de frîngere, pulsaţia $\omega_c \stackrel{\Delta}{=} \frac{1}{T}$ cu T → **constanta de timp** a unui sistem elementar de anticipare sau întîrziere, faţă de care → **caracteristica logaritmică atenuare-pulsaţie** se liniarizează, obţinîndu-se o caracteristică atenuare-pulsaţie asimptotică, uşor de trasat.

pulsaţie de rezonanţă, pulsaţia $\omega_r > 0$ pentru care $H(\omega_r) = H_{max}$ (fig. P.6). Pe baza **p. de r.** şi a valorii H_{max}, se poate deduce, aproximînd sistemul dat

cu un sistem de ordin II (aproximare valabilă în general, dacă $\frac{H_{max}}{H(0)} \geqslant$ $\geqslant 1{,}5$, dar acceptabilă şi la valori mai mici), indicele de amortizare al răspunsului

$$\psi = 1 - e^{-2\pi(H_{max} - \sqrt{H_{max}^2 - 1})}$$

care constituie o performanţă impusă în sinteza clasică a sistemelor automate liniare (cînd, evident, se va exprima în funcţie de H_{0max}). În multe cazuri raportul $H_{max}/H(0)$ (respectiv $H_{0max}/H_0(0)$ la sisteme automate) numit indice de oscilaţie a sistemului se utilizează direct ca o performanţă deoarece caracterizează → **amortizarea** răspunsului şi *suprareglajul* sistemului respectiv

punct singular, punct din spaţiul de stare $\mathcal{X}$ în care, pentru sistemul $\dot{x} = f(x)$, cîmpul de vectori f se anulează, adică

$$f(x) = 0 \quad (f_i(x) = 0, \ i = \overline{1, n})$$

De remarcat că, într-un **p.s.**, componentele cîmpului de vectori nu au nici un fel de singularitate, funcţiile $f_i(x)$: $i = \overline{1, n}$, fiind presupuse continuu diferenţiabile, dar într-o vecinătate a sa; direcţia vectorului $f(x)$ variază, în general, discontinuu. Cum punctele de echilibru ale unui sistem dinamic se identifică cu **p.s.** ale acestuia, problema determinării **p.s.** şi a naturii acestora se justifică. Analiza comportării unui sistem, pe baza punctelor singulare şi a naturii lor se aplică în special, la sistemele de ordin 2, la care se asociază imediat cu reprezentarea grafică a traiectoriilor de stare în vecinătatea **p.s.**

punte, circuit electric folosit pentru măsurări de rezistenţe, inductivităţi şi capacităţi. Cele mai frecvent utilizate sînt **p.** *Wheatstone* pentru măsurarea rezistenţelor. **P.** *Wheatstone* cuprinde patru braţe alcătuite din rezistenţe variabile R_1, R_2, R_3 şi rezistenţa de măsurat R_x. Într-una din diagonalele (AB) este conectată sursa de alimentare E, iar în cealaltă un detector de nul DN (de ex., un galvanometru de curent continuu (fig. P.7). Pentru anumite valori ale rezistenţelor din braţele punţii curentul prin diagonala de măsurare se anulează, rezultînd regimul echilibrat. Relaţia de echilibru permite determinarea valorii rezistenţei R_x în funcţie de celelalte rezistenţe cunoscute $R_x = (R_2/R_3)R_1$. Echilibrarea se poate face manual sau automat folosind un circuit închis în cadrul căruia tensiunea de dezechilibru U_{CD} comandă un servomotor care variază rezistenţa R_1 (de tip potenţiometru) în sensul echilibrării **p.P.** cu echilibrare automată similare cu → → **compensatoarele** automate sînt folosite în structura înregistratoarelor. Anumite tipuri de traductoare utilizează ca circuite de măsurare **p.** *Wheatstone* funcţionînd în regim dezechilibrat la care tensiunea U_{CD} constituie direct o măsură a abaterii rezistenţei R_x faţă de valoarea de echilibru. Asemănător cu **p.** *Wheatstone* pentru rezis-

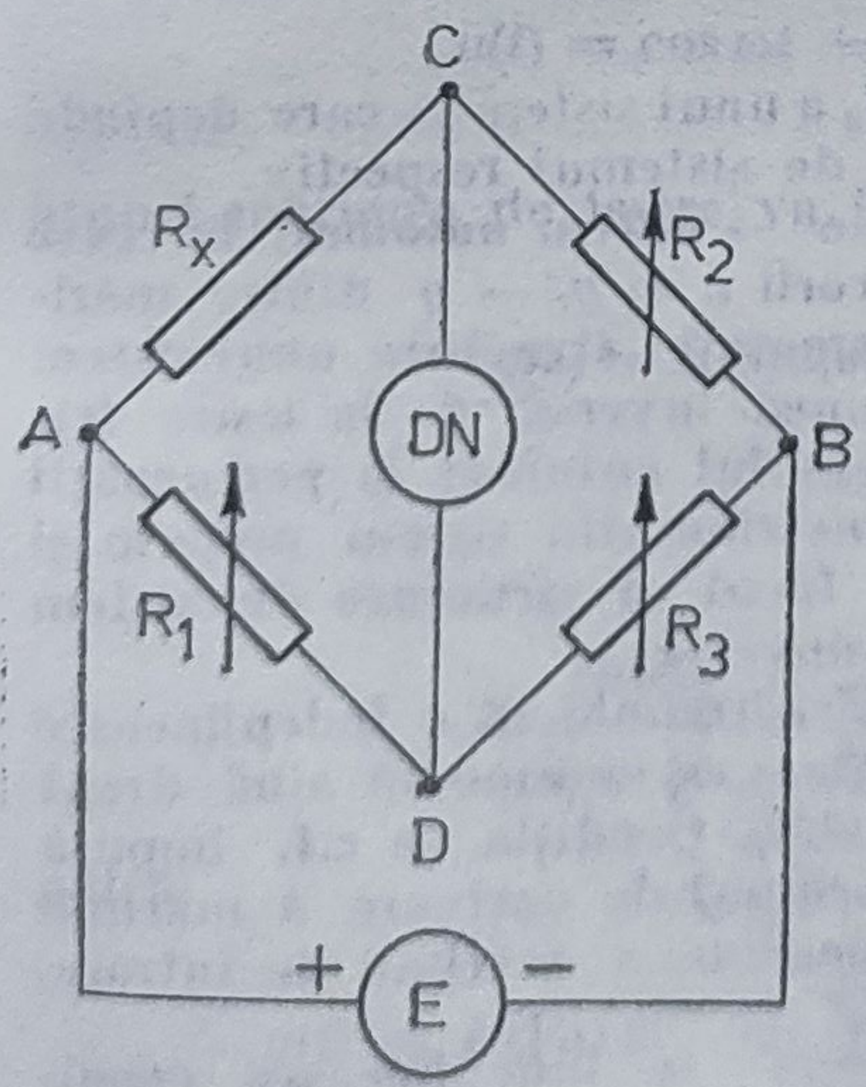


Fig. P.7. Schema electrică a punţii Wheatstone.

tențe există p. pentru inductanțe și capacități care sînt alimentate în curent alternativ și utilizează pentru măsurare detectoare de nul de curent alternativ. Cele mai cunoscute sînt p. *Maxwell, Wien-Robinson, Schering, Sauty* etc.

purtător de informație, suport fizic ce permite înregistrarea, stocarea și redarea datelor informaționale. Cele mai răspîndite p.de i., în ordinea creșterii densității de informație stocate sînt: cartele perforate, bandă perforată, bandă magnetică, disc magnetic.

R

rangul unei (p × m) — matrice polinomială P(s), numărul întreg r pentru care există un minor de ordin r nenul și toți ceilalți minori de ordin mai mare ca r sînt nuli; se notează $\rho[P(s)] = r$ și este evident că $\rho[P(s)] \leqslant min(p, m)$. Dacă $r = m$ $(r = p)$ matricea $P(s)$ se zice de rang maximal coloană (linie).

raport semnal-zgomot, indicator al efectului perturbator al zgomotului asupra unui semnal, într-un canal de comunicație. Un **r.s.-z.** scăzut indică o probabilitate crescută de apariție a erorilor.

răspuns indicial, → **răspunsul în timp** al unui sistem la o mărime de intrare de tip treaptă. Pe **r.i.** se definesc performanțele tranzitorii (timp de creștere, timp de întîrziere, suprareglaj, timp tranzitoriu).

răspuns în frecvență, dependența între pulsația $\omega \geqslant 0$ și $H(j\omega) = U(\omega) + jV(\omega) = H(\omega)\, e^{j\varphi(\omega)} = H(s)/_{s=j\omega}$. Dacă mărimea de intrare a unui sistem liniar continuu, strict stabil, caracterizat de funcția de transfer

$$H(s) = \frac{R(s)}{P(s)} = k\,\frac{R(s)}{\prod\limits_{i=1}^{n}(s - p_i)^{m_i}}$$

este semnalul armonic

$$\underline{u}(t) = \cos\omega t + j\sin\omega t = e^{j\omega t}; \quad u(s) = \frac{1}{s - j\omega}$$

atunci mărimea de ieșire va fi

$$\underline{y}(s) = H(s)u(s) = k\,\frac{R(s)}{\prod\limits_{i=1}^{n}(s - p_i)^{m_i}} \cdot \frac{1}{s - j\omega} =$$

$$= \frac{H(j\omega)}{s - j\omega} + \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m_i}\frac{a_{ij}}{(s - p_i)^j} = y_s(s) + y_T(s)$$

adică

$$\underline{y}(t) = H(j\omega)\, e^{j\omega t} + \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m_i} a_{ij}\,\frac{t^{j-1}}{(j-1)!}\, e^{p_i t} = y_s(t) + y_T(t)$$

unde $y_T(t) \to 0$, $t \to \infty$, deoarece $p_i \in \mathbb{C}^-$. Ca urmare, în regim stabilizat, $H(j\omega)$, $\omega \geqslant 0$ caracterizează acțiunea sistemului asupra unui semnal armonic de pulsație $\omega \geqslant 0$, ceea ce îndreptățește denumirea de **r. în f.** În mod similar, pentru un sistem liniar discret, strict stabil, caracterizat de funcția de transfer

$$H(z) = \frac{R(z)}{P(z)} = k \frac{R(z)}{\prod_{i=1}^{n} (z - p_i)^{m_i}}$$

a care mărimea de intrare este semnalul armonic discretizat

$$u(k) = \cos \omega kh + j \sin \omega kh = e^{j\omega kh}; \quad U(z) = \frac{z}{z - e^{j\omega h}}$$

se obține mărimea de ieșire

$$Y(z) = H(z)\, U(z) = \frac{R(z)}{\prod_{i=1}^{n} (z - p_i)^{m_i}} \frac{z}{z - e^{j\omega h}}$$

$$\frac{H(e^{j\omega h})\, z}{z - e^{j\omega h}} + \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m_i} \frac{a_{ij} z}{(z - p_i)^j} = Y_s(z) + Y_T(z)$$

adică

$$y(kh) = H(e^{j\omega h})\, e^{j\omega kh} + \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m_i} a_{ij}\, C_k^{j-1}\, p_i^{k-j-1} = y_s(kh) + y_T(kh)$$

Rezultă că la sistemele liniare discrete **r. în f.** este determinat de dependența dintre $\omega \geqslant 0$ și $H(e^{j\omega h}) = H(z)|_{\substack{z=e^{sh} \\ s=j\omega}}$ și care reprezintă efectul unui sistem discret, strict stabil, în regim stabilizat ($y_T(kh) \to 0$) asupra unui semnal de intrare armonic de pulsație ω.

răspuns în timp, mărimea de ieșire $y(t), t \geqslant t_0$ a unui sistem și care depinde de mărimea de intrare, de condiția inițială și de sistemul respectiv.

reacție, element definitoriu al structurii de → **sistem automat**, la care mărimea de comandă u se elaborează pe baza erorii $\varepsilon = y_r - y$ dintre mărimea de referință y_r și mărimea măsurată y. Ca urmare în structura unui sistem automat este prezent comparatorul și conexiunea inversă de la ieșire (**r**). Efectele principale ale **r.**: desensibilizarea sistemului automat la perturbații (→ **rejecția** perturbațiilor) și la variația parametrilor din sistem precum și posibilitatea stabilizării sistemelor instabile, au făcut ca structura de sistem automat să fie structura cu **r.** (cu conexiune inversă).

realizabilitate fizică, condiție esențială pe care trebuie să o îndeplinească un model matematic abstract pentru a fi sistem, și anume să aibă drept corespondent un proces fizic realizat (sau realizabil). Condiția de **r.f.** impusă unui model matematic revine la condiția ca ordinul de derivare a mărimii de ieșire să fie mai mare strict decît ordinul de derivare a mărimii de intrare, respectiv pe funcția de transfer $H(s) = \frac{R(s)}{P(s)}$ să se îndeplinească condi-

ția $\partial[R(s)] < \partial[P(s)]$, adică $H(s)$ să fie o rațională strict proprie. În unele cazuri se operează cu funcții de transfer proprii ($\partial[R(s)] = \partial[P(s)]$) sau chiar neproprii ($\partial[R(s)] > \partial[P(s)]$), dar acestea nu reprezintă altceva decît aproximări ale funcțiilor de transfer exacte, ce sînt r.f., în sensul neglijării constantelor mici de timp (constante de timp parazite), adică a neglijării părții de înaltă frecvență a sistemului, care are o pondere redusă în răspunsul acestuia.

realizare, oricare triplet (A, B, C) pentru care

$$C(sI - A)^{-1} B = T(s)$$

$$(C(zI - A)^{-1} B = T(z))$$

cu $T(s)$, $(T(z))$, → **matricea de transfer a sistemului liniar continuu (discret)**, specificată. Dacă două r. (A, B, C), $(\bar{A}, \bar{B}, \bar{C})$, de dimensiuni n, $\bar{n}$ nu neapărat egale, corespund aceleiași matrici de transfer, se numesc echivalente intrare-ieșire. Dacă cele două r. sînt echivalente algebric, ele sînt echivalente intrare-ieșire, reciproca nefiind în general adevărată.

realizarea automatelor, operație prin care se transpune fizic un automat abstract (prototip) printr-o asignare adecvată a stărilor, intrărilor și ieșirilor. Un automat A_2 realizează comportarea, din punctul de vedere al stărilor, a automatului A_1 dacă există o asignare A_1 în A_2 avînd funcția $f_x(x)$: $X_1 \to X_2$ injectivă.

realizare minimală → **realizarea** $(\bar{A}, \bar{B}, \bar{C})$ de dimensiune $\bar{n}$ astfel încît oricare ar fi o altă realizare (A, B, C) de dimensiune n, se îndeplinește condiția $n \leqslant \bar{n}$. **R.m.** este o realizare *controlabilă* și *observabilă* a sistemului $T(s)$ $(T(z))$, toate **r.m.** ale unui sistem fiind echivalente algebric. Modalitatea uzuală de determinare a unei **r.m.** este: se determină o realizare (A, B, C) a lui $T(s)$, $(T(z))$; cu → **teorema de structură (Kalman** se extrage (A_{22}, B_2, C_2) ce reprezintă **r.m.**

reanclanșarea automată rapidă (RAR), realizarea, prin dispozitive automate, a restabilirii alimentării cu tensiune pe linii la care întreruptoarele au fost declanșate de protecția prin relee, presupunînd că avaria a avut un caracter pasager. Un dispozitiv **RAR** conține mai multe blocuri (fig. R.1). Blocul de pornire asigură pornirea schemei **RAR** prin impuls de la protecția prin relee. Blocul de control verifică dacă sînt îndeplinite condițiile pentru reanclanșarea întreruptorului I și după un timp t_{RAR} asigurat de blocul de

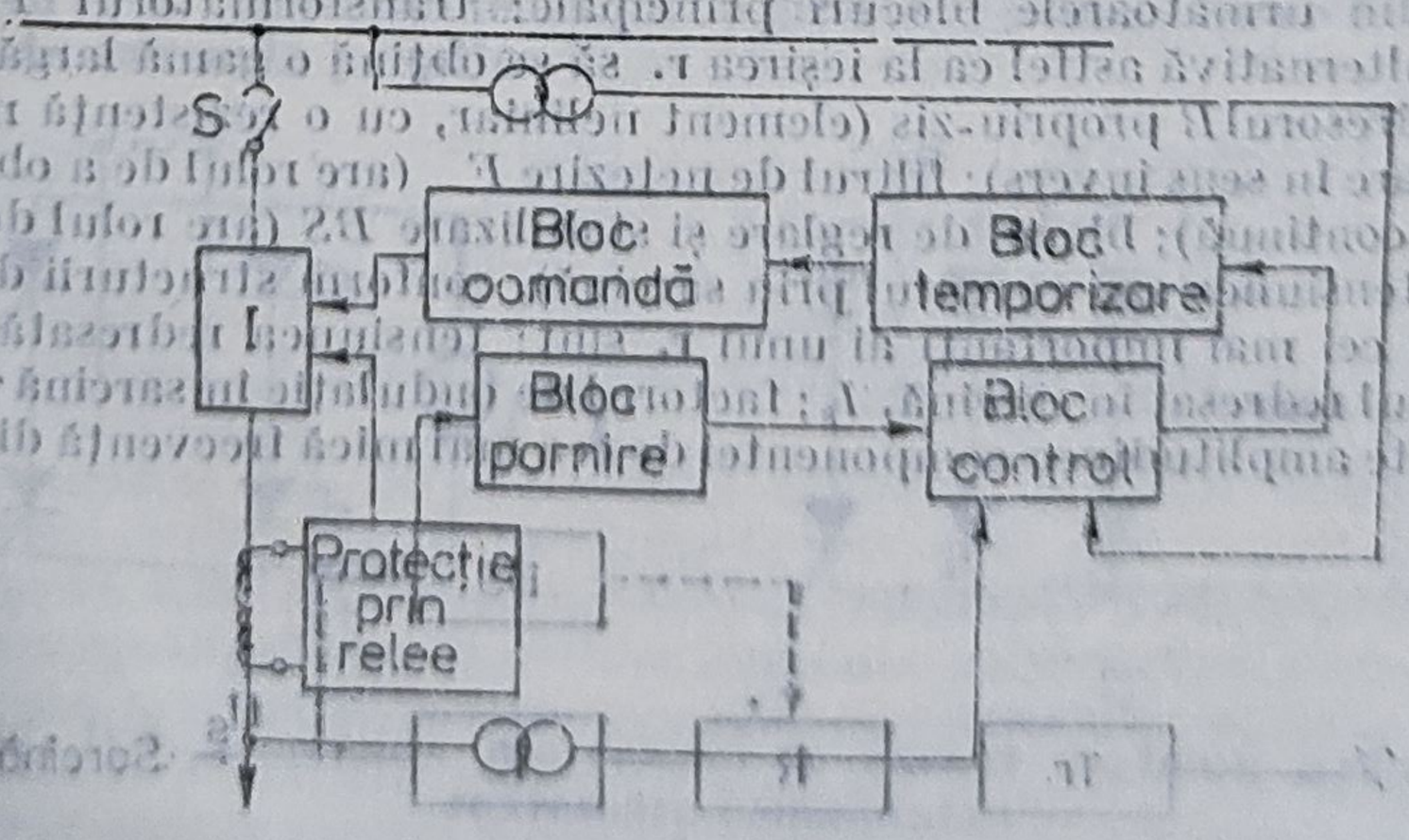


Fig. R.1. Schema electrică a unui dispozitiv *RAR*.

temporizare trimite comanda de anclanşare care este efectuată de blocul de comandă. Dacă defectul a fost lichidat linia va continua să lucreze în condiţii normale; dacă defectul persistă protecţia comandă o nouă declanşare a liniei. Dispozitivul RAR poate să repete operaţiile (dacă este prevăzut să funcţioneze în mai multe cicluri) sau să deconecteze definitiv linia. De regulă, pentru a evita uzura întreruptoarelor de înaltă tensiune se folosesc dispozitive RAR cu 1 (mai frecvent) sau 2 cicluri, iar în cazuri speciale cu 3 cicluri.

reanclanşarea automată a sarcinii (RAS), operaţie de restabilire a alimentării consumatorilor sacrificaţi prin (*D.A.S*), la revenirea frecvenţei sistemului

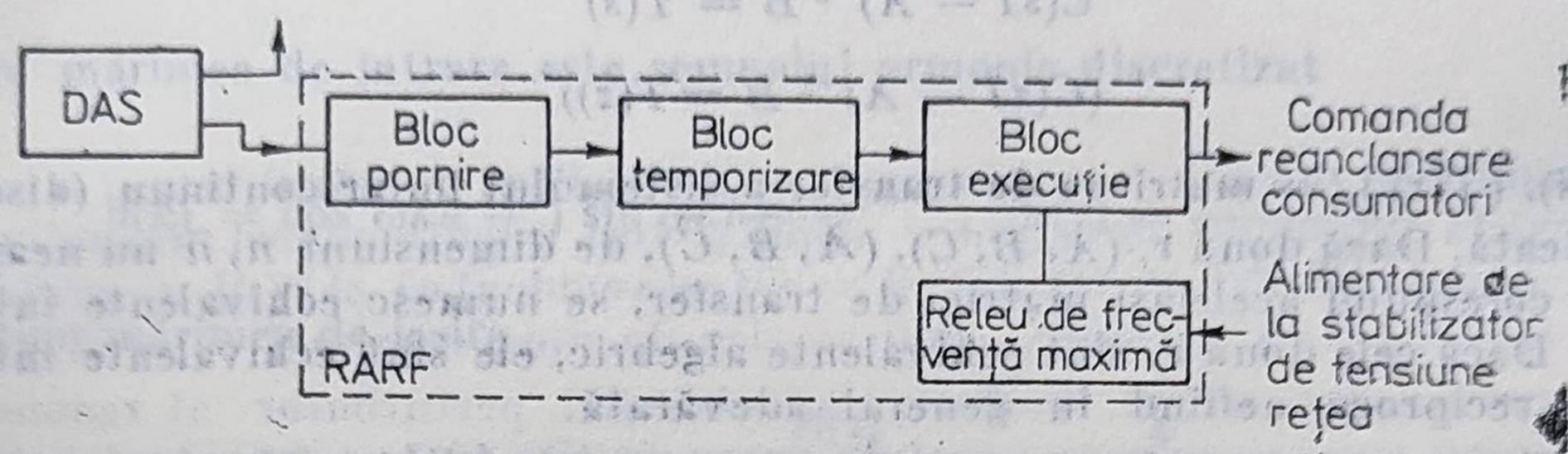


Fig. R.2. Schema electrică a unui dispozitiv *RAR* de frecvenţă.

energetic ca urmare a revenirii condiţiilor normale de funcţionare. Întrucît comanda reanclanşării se face după frecvenţă, operaţia se mai numeşte RAR de frecvenţă. Schema funcţională a unui dispozitiv de reanclanşare automată este prezentată în fig. R.2.

RAR de frecvenţă → reanclanşarea automată a sarcinii

recepţie cu diversitate, metodă de ridicare a siguranţei comunicaţiilor pe canale cu perturbaţii multiplicative, realizabilă în mai multe variante, dintre care cele mai importante sînt diversitatea în timp, în spaţiu, în frecvenţă, în direcţie şi utilizarea sistemelor multicanal (→ **separarea canalelor**). Diversitatea în timp constă în repetarea semnalului; diversitatea în frecvenţă — emisia pe frecvenţe diferite a aceluiaşi mesaj; diversitatea în direcţie — utilizarea de canale radio şi antene de recepţie cu diagrame de directivitate diferite; diversitatea în spaţiu — recepţia simultană cu mai multe antene.

redresor, circuit care transformă energia electrică de curent alternativ, în general de joasă frecvenţă, în energie electrică de curent continuu. Un **r.** se compune din următoarele blocuri principale: transformatorul *Tr* (modifică tensiunea alternativă astfel ca la ieşirea **r.** să se obţină o gamă largă de tensiuni dorite); redresorul *R* propriu-zis (element neliniar, cu o rezistenţă mică în sens direct şi mare în sens invers); filtrul de netezire *F* (are rolul de a obţine practic o tensiune continuă); blocul de reglare şi stabilizare *BS* (are rolul de a menţine constante tensiunea sau curentul prin sarcină), conform structurii din fig. R.3. Parametrii cei mai importanţi ai unui **r.** sînt: tensiunea redresată în sarcină, U_s; curentul redresat în sarcină, I_s; factorul de ondulaţie în sarcină $\gamma = U_1/U_s$, unde U_1 este amplitudinea componentei de cea mai mică frecvenţă din tensiunea

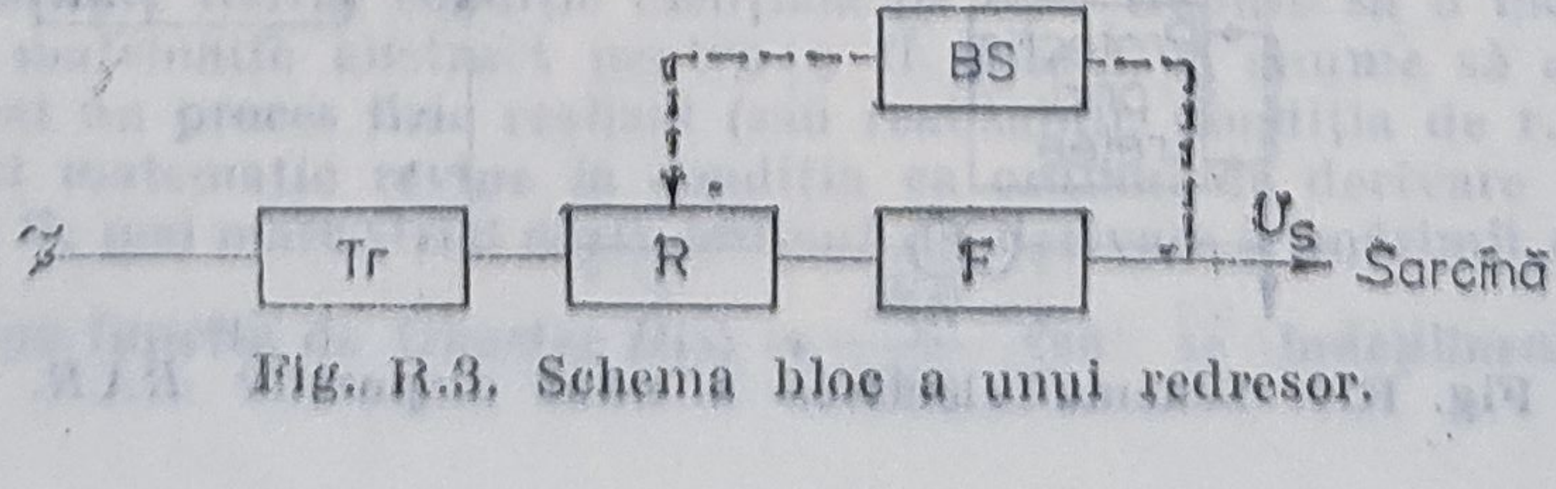


Fig. R.3. Schema bloc a unui redresor.

de ieşire. În funcţie de numărul fazelor redresate, r. se pot clasifica în *monofazate* şi *polifazate*. În schemele de automatizare sînt utilizate două clase mari de r.: r *simple necomandate* care conţin ca elemente de circuit diode cu vid sau semiconductoare: r. *comandate* (reglabile) ce permit, prin utilizarea unor elemente de circuit cu electrod de comandă, reglarea în limite largi a valorii medii a curentului sau a tensiunii redresate.

redresor comandat ((reglabil), redresor ce foloseşte în locul diodelor obişnuite elemente de redresare cu electrod (grilă) de comandă şi care permite ca, printr-o reglare potrivită a tensiunii aplicate acestui electrod, să se modifice în limite largi valoarea medie a tensiunii şi a curentului reglat. **R.c.** utilizează

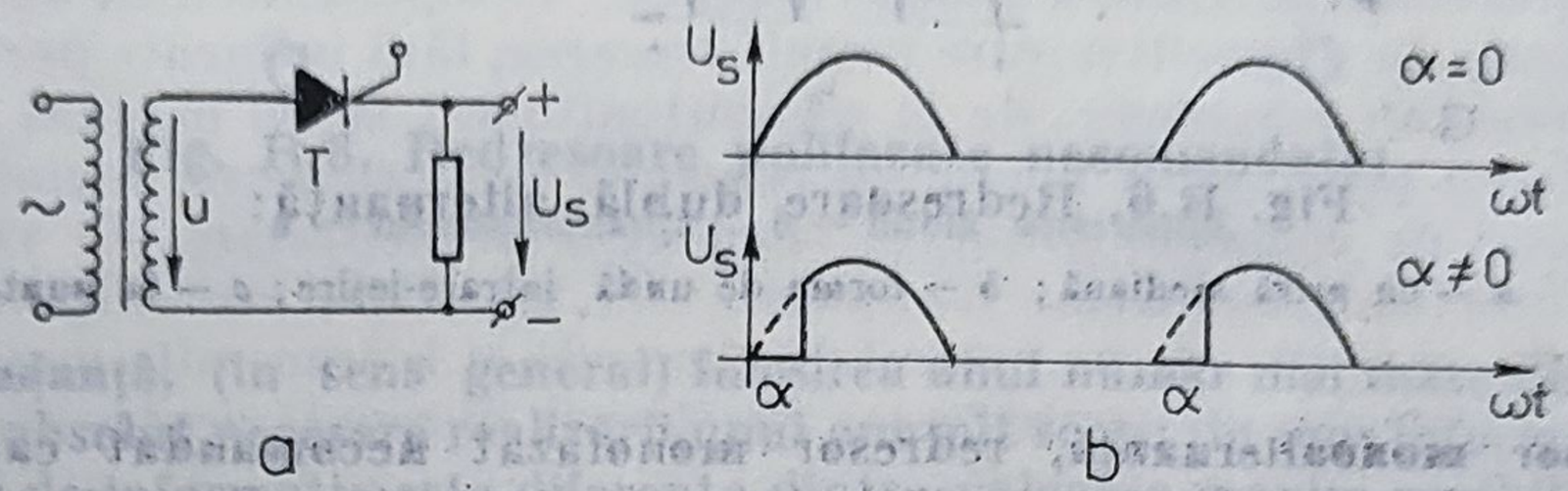


Fig. R.4. Redresor comandat monoalternanţă cu tiristor:
a — schema electrică ; *b* — forme de undă de ieşire în funcţie de unghiul de aprindere α al tiristorului.

tuburi cu gaz (tiratroane, ignitroane etc.) tuburi redresoare cu vapori de mercur sau tiristoare. Metodele de comandă a tensiunii redresate se pot clasifica după forma de undă a tensiunii de grilă (u_G): u_G continuă; u_G alternativă, de aceeaşi frecvenţă cu tensiunea anodică, dar defazată faţă de ea: comanda pe verticală (prin amplitudine) sau comanda pe orizontală (prin fază); u_G în formă de impulsuri. În fig. R.4 este prezentat un **r. c.** monoalternanţă cu tiristor. **R.c.** se utilizează frecvent în scheme de reglare, varianta constructivă depinzînd de o serie de factori dintre care: puterea de ieşire necesară, rapiditatea necesară sistemului de reglare a procesului, cerinţa forţării anulării curentului prin consumator, cerinţa inversării curentului, ş.a. Un domeniu în care **r.c.** îşi găsesc o largă aplicare este acela al reglării acţionărilor electrice. În fig. R.5 se prezintă schema de comandă a tensiunii din circuitul rotoric sau înfăşurării de excitaţie pentru motoarele de curent continuu utilizînd **r.c.** cu tiristoare. Într-o schemă de reglare cu **r. c.** controlul tensiunii de grilă este realizat cu un bloc denumit→ **dispozitiv de comandă pe grilă**

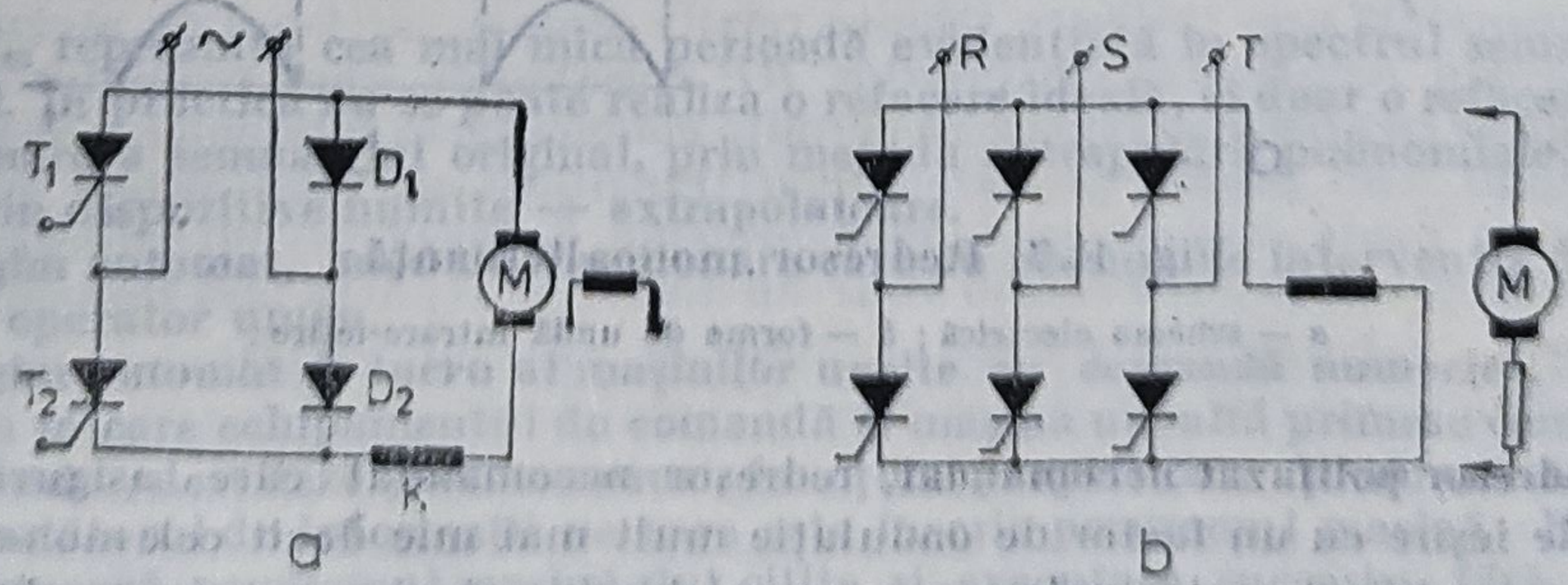


Fig. R.5. Comanda motoarelor de curent continuu utilizînd redresoare comandate:
a — comanda tensiunii rotorice cu redresor cu punte monofazată semicomandată ; *b* — comanda înfăşurării de excitaţie cu redresor trifazat în punte

redresor dublă alternanță, redresor monofazat necomandat care redresează ambele alternanțe ale tensiunii de intrare alternative. Acest tip de redresor se construiește în variantele: cu priză mediană și în punte (fig. R.6).

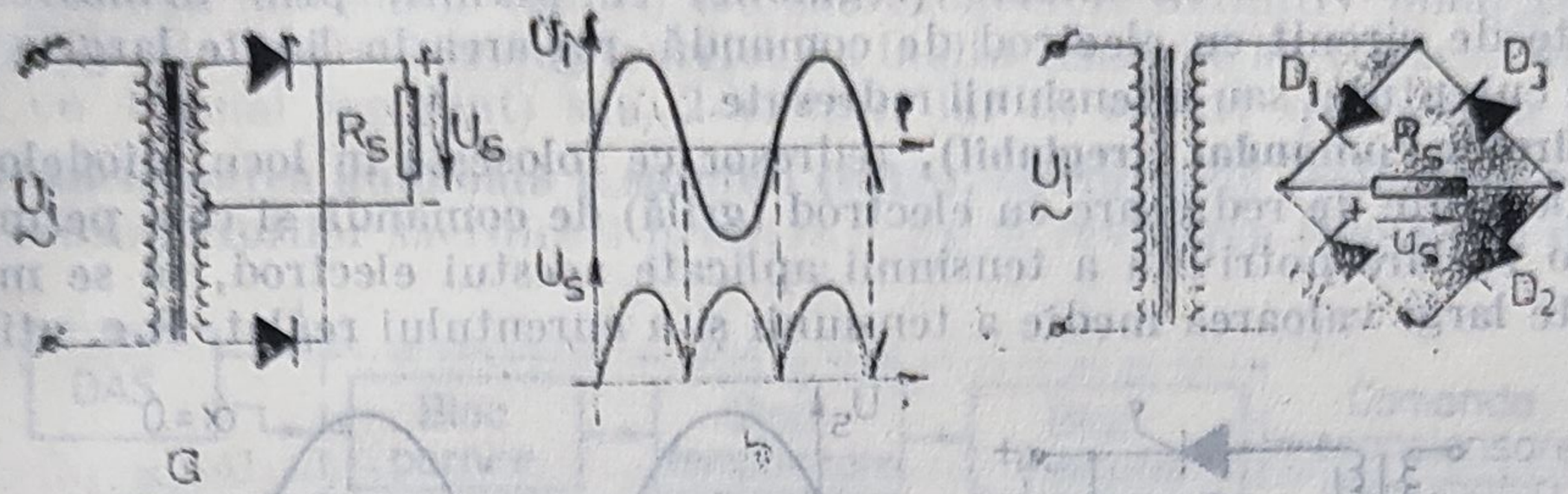


Fig. R.6. Redresoare dublă alternanță:

a — cu priză mediană; *b* — forme de undă intrare-ieșire; *c* — în punte.

redresor monoalternanță, redresor monofazat necomandat care redresează doar o alternanță a tensiunii de intrare alternative. Schema electrică și formele de undă ale r.m. sînt prezentate în fig. R.7. Componenta continuă a tensiunii de sarcină U_{cc} va fi valoarea medie pe o perioadă a tensiunii U_s:

$$U_{cc} = \frac{1}{2\pi}\int_0^{\pi} U_{max} \sin \omega t \, d(\omega t) = \frac{U_{max}}{\pi}$$

U_{cc} scade liniar odată cu creșterea curentului. Acest lucru reprezintă o deficiență a r.m., fiind neutilizabile pentru alimentarea sarcinilor care variază în timp, decît dacă se iau măsuri suplimentare pentru stabilizarea valorii medii redresate.

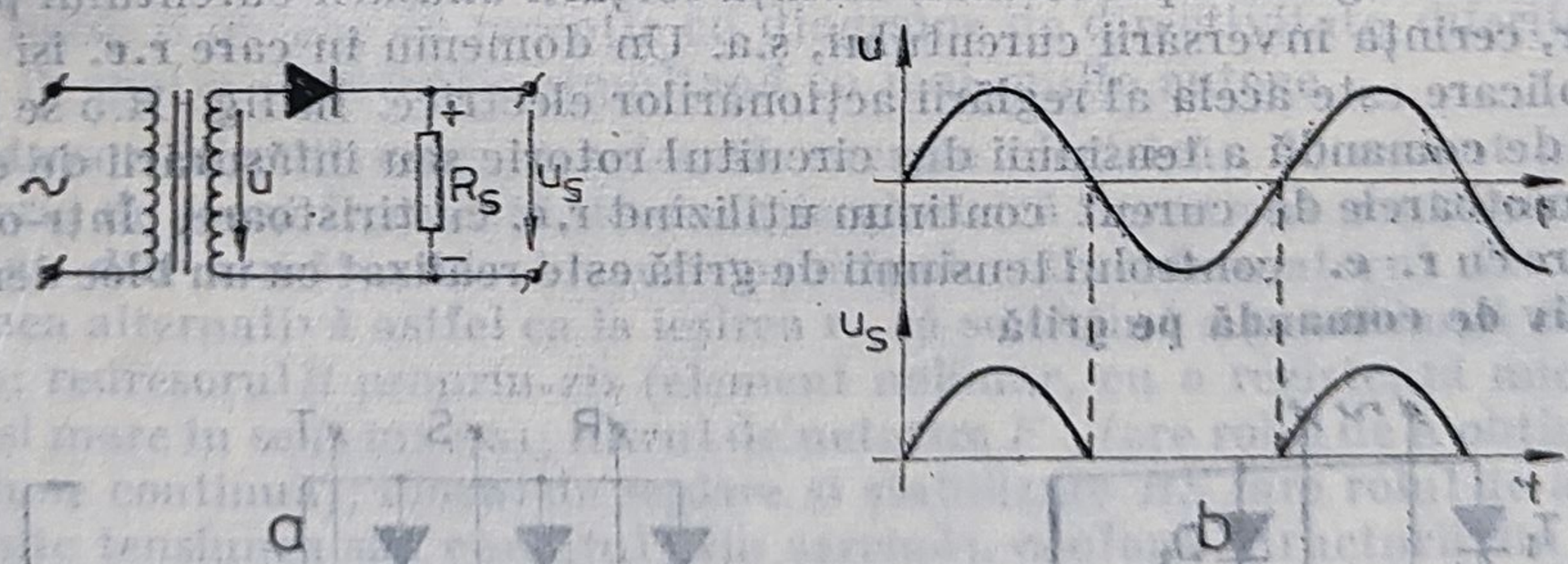


Fig. R.7. Redresor monoalternanță:

a — schema electrică; *b* — forme de undă intrare-ieșire.

redresor polifazat necomandat, redresor necomandat care asigură tensiuni de ieșire cu un factor de ondulație mult mai mic decît cele monofazate. R.p.n. este utilizat pentru redresarea semnalelor de putere mare și este alimentat în mod obișnuit de la rețeaua trifazată de curent alternativ R.p.n. se poate realiza în variantele (fig. R.8): redresor cu punct neutru în secundarul transformatorului (monoalternanță); redresor în punte (dublă alternanță).

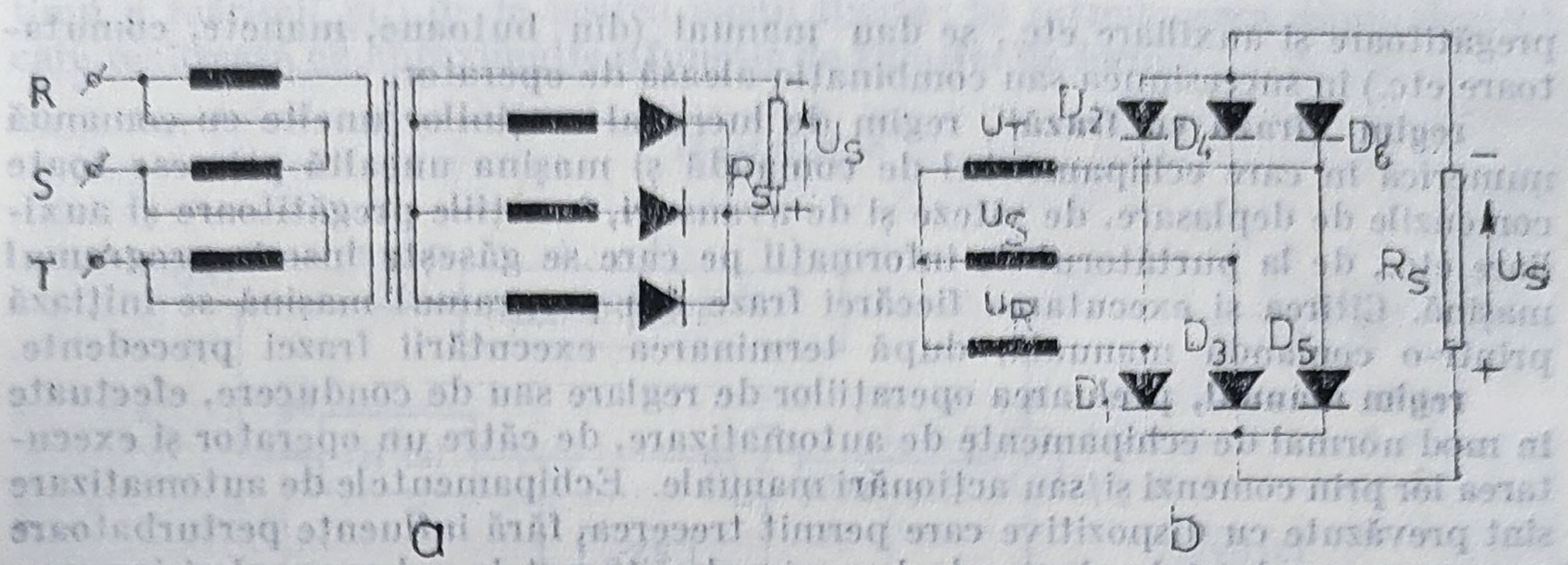


Fig. R.8. Redresoare polifazate necomandate:
a — monoalternanță; *b* — dublă alternanță.

redundanță, (în sens general) folosirea unui număr mai mare de elemente decît cele absolut necesare realizării unui anumit scop; (în sens informațional) r. unei surse de informație este diferența dintre valoarea maxim posibilă a entropiei sursei și valoarea ei reală: $R_s = H_{max}(x) - H(x)$ (→ **entropie**). R. relativă este r. raportată la entropia maximă

$$\rho_s = 1 - \frac{H(x)}{H_{max}(x)}$$

R. canalului este diferența dintre capacitatea canalului și informația transmisă $R_c = C - I(X, Y)$; r. relativă a canalului este dată de raportul dintre r. canalului și capacitatea canalului; r. protectivă reprezintă procedura de proiectare destinată protecției la erori a transmisiei informației; r. de cod este o caracteristică a relației dintre baza codului m și numărul de simboluri folosite M.

refacerea semnalelor. procedură de reconstituire a unui semnal în urma eșantionării. Principalele operații matematice care permit reconstituirea semnalului original sînt: transformarea inversă Fourier, convoluție sau filtrare. Intervalul minim de timp T_e între două eșantioane succesive care permite refacerea semnalului original este dat de condiția lui Shannon $\left(T_e \leqslant \frac{T_m}{2} \right)$, unde T_m reprezintă cea mai mică perioadă evidențiată în spectrul semnalului original. În practică nu se poate realiza o refacere ideală, ci doar o refacere prin aproximare a semnalului original, prin metoda extrapolării polinomiale, realizată prin dispozitive numite → **extrapolatoare.**

regim automat, mod de funcționare care nu presupune intervenția directă a unui operator uman.

regim automat de lucru al mașinilor unelte cu comandă numerică, regim de lucru în care echipamentul de comandă și mașina unealtă primesc comenzile de deplasare, de viteze și de avansuri, funcțiile pregătitoare și auxiliare etc., de la purtătorul de informații pe care este înscris programul mașină. Frazele care formează programul mașină sînt citite și executate succesiv, fără întreruperi.

regim convențional (de lucru al mașinilor unelte cu comandă numerică), regim de lucru în care comenzile de deplasare, de viteze și de avansuri, funcțiile

pregătitoare şi auxiliare etc., se dau manual (din butoane, manete, comutatoare etc.) în succesiunea sau combinaţia aleasă de operator.

regim „frază cu frază”, regim de lucru al maşinilor unelte cu comandă numerică în care echipamentul de comandă şi maşina unealtă primesc toate comenzile de deplasare, de viteze şi de avansuri, funcţiile pregătitoare şi auxiliare etc., de la purtătorul de informaţii pe care se găseşte înscris programul maşină. Citirea şi executarea fiecărei fraze din programul maşină se iniţiază printr-o comandă manuală, după terminarea executării frazei precedente.

regim manual, preluarea operaţiilor de reglare sau de conducere, efectuate în mod normal de echipamente de automatizare, de către un operator şi executarea lor prin comenzi şi/sau acţionări manuale. Echipamentele de automatizare sînt prevăzute cu dispozitive care permit trecerea, fără influenţe perturbatoare asupra procesului tehnologic, de la regimul automat la cel manual şi invers. **R.m.** de lucru pe maşinile unelte cu comandă numerică este regimul în care echipamentul de comandă primeşte: comenzile de deplasare, de viteze şi de avansuri, funcţiile pregătitoare şi auxiliare etc., introduse manual prin butoane, comutatoare, chei etc., de pe panoul de comandă şi le transmite maşinii-unelte grupate sub forma unei singure fraze. Acest ciclu se repetă pentru fiecare frază în parte.

reglare→problema reglării

reglare combinată, reglare ce se efectuează după principiul completării reglării după eroare cu o reglare după perturbaţie. Introducerea reglării după perturbaţie asigură intrarea în acţiune a schemei înainte ca efectul perturbaţiei să se manifeste prin variaţia nedorită a mărimii de ieşire din sistem (y) şi a erorii (ε) (fig. R.9). Folosirea **r.c.** este indicată în cazul în care perturbaţia p

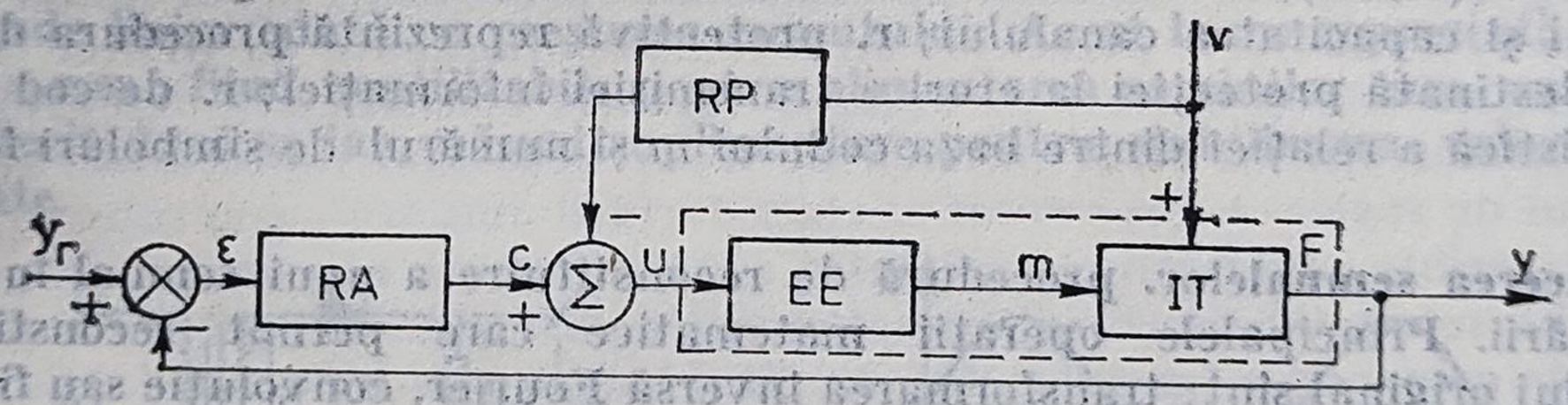


Fig. R.9. Schema reglării combinate.

este măsurabilă prin mijloace tehnice relativ simple, iar legea de reglare obţinută pentru regulatorul perturbator RP corespunde unui regulator tipizat.

reglare cu predicţie, reglare ce permite compensarea influenţei nefavorabile a timpului mort asupra performanţelor tranzitorii ale unui sistem automat. **R.cu p.** se poate efectua după două principii de bază: a) introducerea unui element cu predicţie, care constă dintr-un model M al părţii fără timp mort din instalaţia tehnologică $H_F^*(s)$ şi dintr-un element cu întîrziere pură $e^{-\tau s}$ conectat în paralel cu o legătură directă, predictorul avînd funcţia de transfer $H_{pr_1}(s) = H_F^*(s)(1 - e^{-\tau s})$, conform fig. R.10. Pentru eliminarea efectelor timpului mort asupra transferului semnalului de comandă $u(t)$ prin partea fixată, F, predictorul Pr_1 se conectează în paralel cu partea fixată F. Datorită acestui fapt, mărimea de reacţie $r(t)$ transmisă pe calea reacţiei principale elementului de comparaţie al buclei de reglare are expresia $r(t) = y(t + \tau)$, obţinîndu-se astfel devansată cu un timp τ — deci cu predicţie — variaţia în

timp a mărimii $y(t)$ de la ieşirea părţii fixate; b) introducerea unui element care realizează cu aproximaţie o funcţie de transfer de forma

$$H_{pr}(s) \cong e^{\tau s}$$

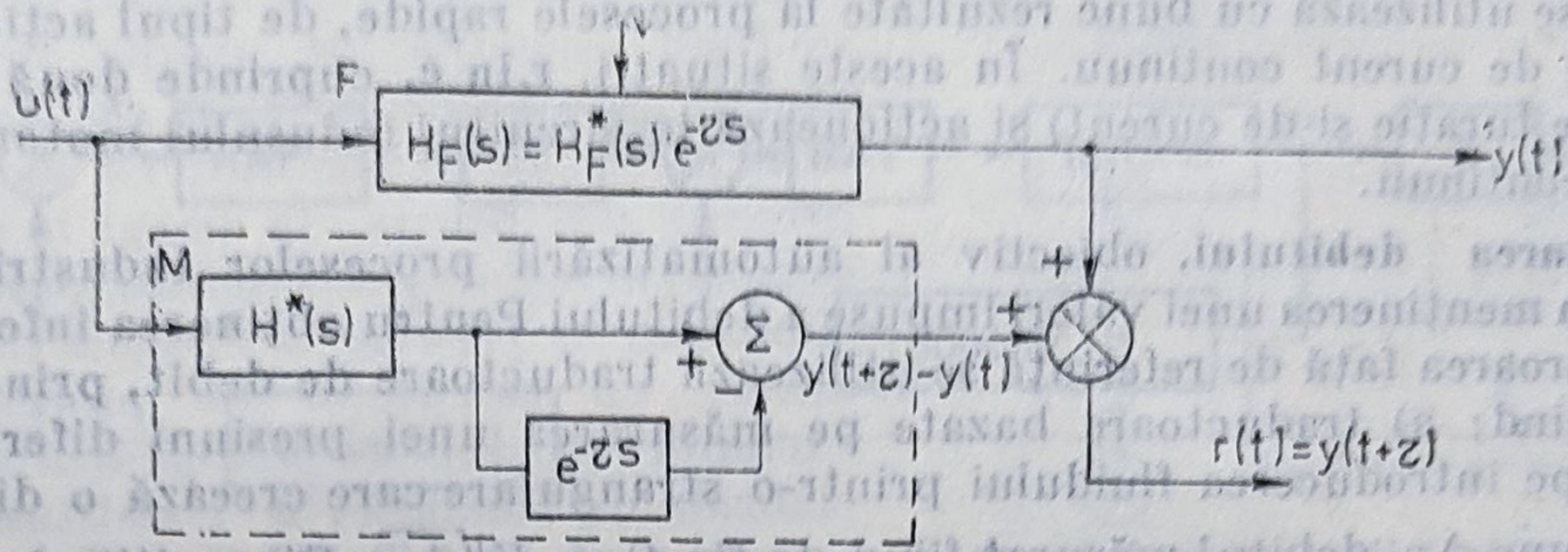


Fig. R.10. Variantă a reglării de predicţie.

corespunzătoare unei operaţii de anticipare pură, respectiv de predicţie. Întrucît o astfel de funcţie de transfer nu se poate realiza cu exactitate se foloseşte aproximarea exponenţialei $e^{\tau s}$ printr-o serie şi rezultă pentru elementul de predicţie funcţia de transfer

$$H_{pr_2}(s) = a_0 + \sum_{k=1}^{n} a_k \frac{(\tau s)^k}{k!},$$

coeficienţii a_0 şi a_k fiind determinaţi astfel încît să se minimizeze eroarea datorată aproximaţiei.

reglare de raport, operaţie de reglare ce constă în menţinerea la o valoare constantă a raportului a două mărimi, prin modificarea uneia dintre acestea, cealaltă putînd varia liber în domeniul său admisibil. **R.de r.** este utilizată îndeosebi în industria chimică, mărimile implicate fiind frecvent de tip debi.

reglare în cascadă, reglare care se bazează pe principiul împărţirii părţit fixate a sistemului automat în mai multe porţiuni prin alegerea unor mărimi intermediare ce se transmit între aceste porţiuni; pe lîngă blocul de reglare destinat mărimii de ieşire din sistem (y) se introduc regulatoare suplimentare cîte unul pentru fiecare mărime intermediară, realizîndu-se astfel o reglare şi o limitare simultană a mai multor mărimi din cadrul sistemului. Astfel, în practică, în cazul instalaţiilor cu un anumit grad de complexitate se adoptă **r.în c.**

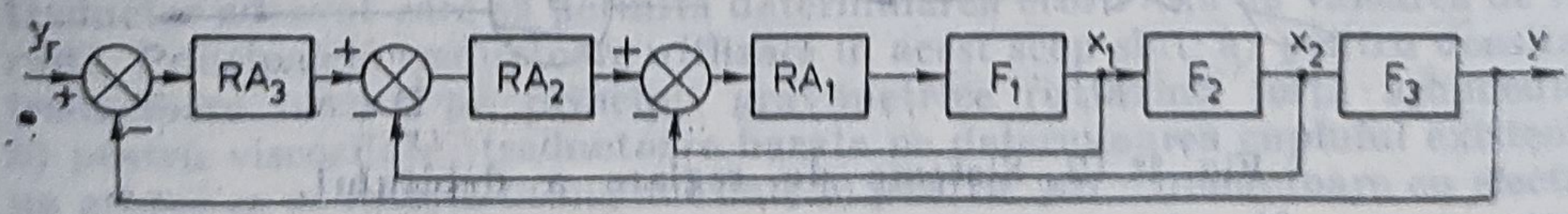


Fig. R.11. Schema unei reglări în cascadă:
RA_i — regulatoare tipizate; F_i — părţi ale instalaţiei tehnologice plus elementul de execuţie

care complică schema de reglare, dar păstrează blocuri de reglare tipizate, ce nu depăşesc complexitatea variantelor PID şi PDD_2. Schema **r.în c.** este dată în fig. R.11. Alegerea mărimilor intermediare x_i trebuie să se efectueze, pentru a conferi eficienţă **r. în c.**, în conformitate cu criteriile: accesibilitatea

mărimilor x_i (măsurabile cu mijloace simple); unele din mărimile intermediare (sau toate) trebuie să răspundă mai repede decît mărimea de ieşire y la acţiunea anumitor perturbaţii; porţiunile F_i ale părţii fixate să nu conţină mai mult de două constante de timp principale, pentru ca să rezulte regulatoare tipizate. **R.în c.** se utilizează cu bune rezultate la procesele rapide, de tipul acţionărilor reglabile de curent continuu. În aceste situaţii, **r.în c.** cuprinde două regulatoare (de turaţie şi de curent) şi acţionează în circuitul indusului motorului de curent continuu.

reglarea debitului, obiectiv al automatizării proceselor industriale ce constă în menţinerea unei valori impuse a debitului. Pentru obţinerea informaţiei despre eroarea faţă de referinţă se utilizează traductoare de debit, principalele tipuri fiind: a) traductoare bazate pe măsurarea unei presiuni diferenţiale, bazată pe introducerea fluidului printr-o strangulare care creează o diferenţă de presiune Δp, debitul măsurat fiind de tip $Q = K\sqrt{\Delta p}$. Dispozitivul cel mai des întrebuinţat este diafragma (se mai întîlnesc la aceeaşi metodă tubul Venturi şi tubul Pitot); b) traductoare de debit cu secţiune de trecere variabilă, proporţională cu debitul, şi cădere de presiune relativ constantă (de tip rotametru); c) traductoare electromagnetice pentru fluide cu conductivitate de minimum 100 μS care utilizează tensiunea electrică indusă într-un fluid în mişcare situat într-un cîmp magnetic perpendicular pe direcţia de curgere; d) traductoare de tip turbină (asociată cu un tahogenerator care măsoară turaţia turbinei proporţională cu debitul); e) traductoare bazate pe efectul curenţilor turbionari (de tip Vortex); f) traductoare termoanemometrice, bazate pe modificarea rezistenţei unui fir cald dispus într-un flux de fluid (gaz); g) traductoare cu ultrasunete (bazate pe efectul Doppler). Principala caracteristică a proceselor de reglare a debitului sînt constantele de timp mici (0,5...3s) ceea ce impune pentru celelalte elemente de automatizare din buclă: traductorul şi elementul de execuţie, constante de timp reduse. Principalele elemente de execuţie sînt robinetele de reglare (la lichide) şi clapetele (la gaze). Pe de altă parte în procesele care au loc în conducte lungi apar constante de timp mari ale procesului şi zgomote de fluctuaţii considerabile. De aceea, în schemele de **r.d.** se preferă regulatoare continue, de tip *P.I.* În fig.R.12 se prezintă o schemă de **r. d.** furnizat de o pompă centrifugă sau de un ventilator, în două variante:

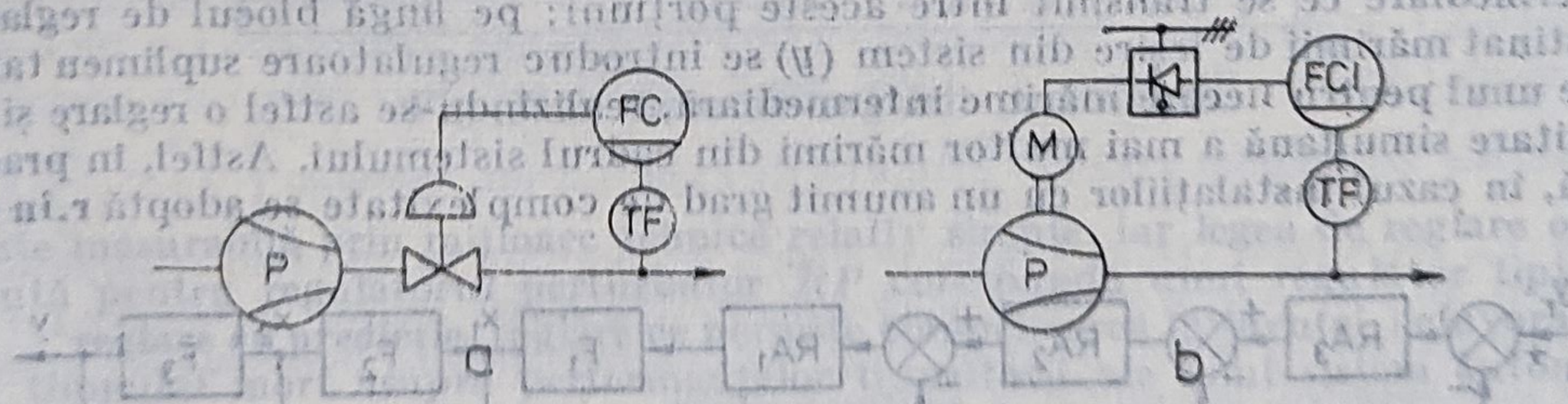


Fig. R.12. Sisteme de reglare a debitului.

a) cu un element de execuţie de tip robinet dispus pe conducta principală;
b) cu element de execuţie tip punte de tiristoare în schema de alimentare a motorului de acţionare, permiţînd **r.d.** prin modificarea turaţiei.

reglarea frecvenţei şi puterii active (în sisteme energetice (RAFP), procedură de reglare prin care, menţinînd constantă frecvenţa în sistemul energetic, se realizează concomitent o redistribuire a sarcinilor active. Deci, un sistem *RAFP* cuprinde în mod necesar un sistem de reglare automată a vitezei

(turaţiei) turbinelor *RAV*. În schemă (fig. R.13) se constată că regulatorul automat de frecvenţă (*RAF*) comandă prin intermediul unui element de execuţie *EE* modificarea turaţiei de mers în gol (n_0) şi prin aceasta deplasarea prin translaţie a caracteristicii statice de reglare turaţie-putere. *RAFP* se desfăşoară astfel: cînd variază puterea activă consumată (deci şi cea generată), variază

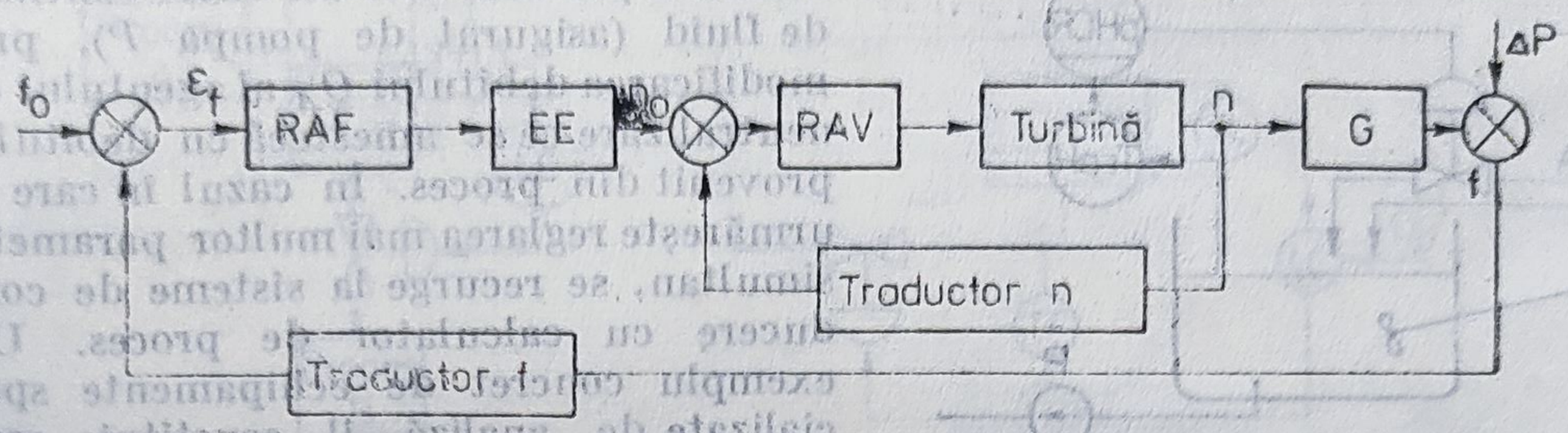


Fig. R.13. Sistem de reglare a frecvenţei şi puterii active.

turaţiile turbinelor din centrale, intră în funcţiune *RAV* care, avînd caracteristici statice de reglare, asigură redistribuirea mărimilor perturbatoare (sarcinile active) pe diferite agregate în paralel, acţionînd astfel asupra admisiei agentului motor în turbine şi restabilind echilibrul între puterile active generate şi cele consumate, la o turaţie globală (sau echivalentă) apropiată de cea de consemn, dar diferită. Apoi intervine *RAF* care deplasează simultan, prin translaţie, caracteristicile statice ale *RAV* aferente turbinelor care participă la reglare, stabilind turaţia echivalentă şi deci turaţia de consemn. Dacă sistemele energetice funcţionează izolat metode tipice *RAFP* sînt: a) metoda agregatelor pilot, folosind un agregat pilot cu caracteristică care preia plusul de putere activă cerută, toate celelalte agregate avînd caracteristică statică de reglare ; b) metoda statismului virtual, cu repartitor de sarcină pentru mai multe agregate cu caracteristici de reglare statice. Dacă sistemele energetice sînt interconectate, metodele tipice *RAFP* sînt: a) reglarea fază-putere, care anulează eroarea de fază şi asigură obţinerea unei erori staţionare de frecvenţă nulă, concomitent cu realizarea repartiţiei univoce a mărimilor perturbatoare între unităţile reglante ; b) metoda reglării frecvenţă-putere de schimb, bazată pe introducerea unui statism suplimentar la fiecare din regulatoarele de frecvenţă, pentru a putea depista sensul circulaţiei puterii de schimb.

reglarea mărimilor analitice şi a compoziţiei gazelor, obiectiv al automatizării proceselor industriale constînd în menţinerea în anumite limite a valorii unor mărimi de tip densitate, viscozitate, *pH*, conductibilitate, umiditate, compoziţie. În funcţie de mărimea ce trebuie reglată, trebuie utilizat un traductor adecvat care să permită determinarea erorii faţă de valoarea de referinţă. Principalele traductoare utilizate în acest scop sînt: a) pentru densitate: traductoare bazate pe principii gravimetrice (utilizînd forţa arhimedică); b) pentru viscozitate: traductoare bazate pe determinarea cuplului existent la un arbore ce se roteşte în mediul dat; c) pentru *pH* : traductoare cu electrozi calibraţi care creează o diferenţă de potenţial proporţională cu concentraţia de ioni din soluţie; d) pentru conductibilitate: traductoare bazate pe măsurări de conductanţă; e) pentru umiditate: traductoare bazate pe măsurarea diferenţei psihrometrice ce apare între rezistenţa unei termorezistenţe dispuse într-un mediu etalon şi cea a unei termorezistenţe aflate în mediul a cărui umiditate se măsoară; f) pentru compoziţie: analizoare de gaze bazate fie pe utilizarea variaţiei unei anumite proprietăţi a amestecului de gaze (conductivitate termică, afinitate paramagnetică) în funcţie de compoziţie, fie proprietăţi de ab-

sorbţie a energiei (de regulă, cu sursă de radiaţii infraroşii). Pentru aceste procese, la care diversitatea condiţiilor de lucru este foarte pronunţată, se folosesc de obicei regulatoare continue. În fig. R. 14 se prezintă, spre exemplificare, un sistem care asigură menţinerea constantă a *pH*-ului într-un debit continuu de fluid (asigurat de pompa *P*), prin modificarea debitului Q_A al agentului de neutralizare ce se amestecă cu debitul Q provenit din proces. În cazul în care se urmăreşte reglarea mai multor parametri simultan, se recurge la sisteme de conducere cu calculator de proces. Un exemplu concret de echipamente specializate de analiză îl constituie cromatograful utilizat pentru determinarea automată a procentelor în care se află diversele componente în amestecuri de gaze complexe (cu multe componente).

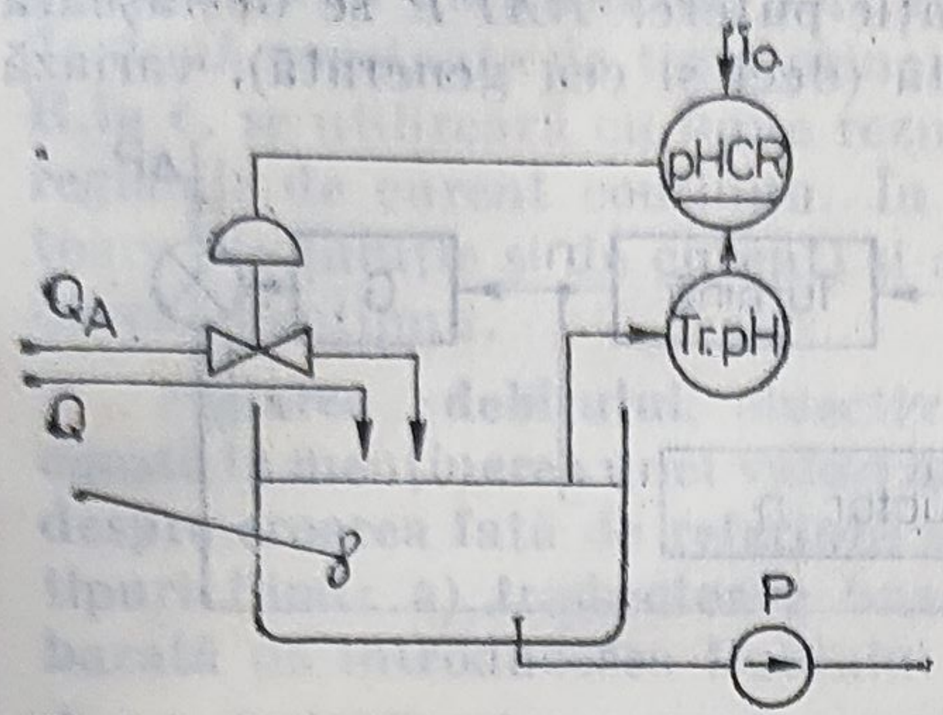


Fig. R.14. Sistem de reglare a *p*H-ului.

reglarea nivelului, obiectiv al automatizării proceselor industriale ce constă în menţinerea unei valori impuse a nivelului. În scopul asigurării informaţiei tehnologice se impune măsurarea nivelului. Măsurarea se poate realiza prin metode directe, la care elementul sensibil este direct influenţat de poziţia suprafeţei lichidului şi se bazează pe fenomene de plutire (traductoare cu imersor sau cu flotor), de urmărire a suprafeţei (cu testare periodică sau permanentă), de radiaţie (de tip nuclear sau ultrasonic) sau prin metode indirecte, dintre care cele mai folosite se bazează pe măsurarea presiunii hidrostatice sau pe cea a capacităţii electrice, între un electrod introdus în substanţa (neapărat dielectrică) al cărei nivel se măsoară şi peretele rezervorului. Ultimul procedeu este utilizat frecvent şi la determinarea nivelului în buncăre cu materiale pulverulente. Principalele surse de erori în determinarea corectă a nivelului sînt: variaţia densităţii lichidului din rezervor (la metodele cu flotor sau cu presiune hidrostatică) şi variaţia temperaturii (datorită dilatării rezervorului sau modificării parametrilor, de ex., constanta dielectrică). Precizia diferitelor metode se înscrie între 0,5 % şi 1 %, iar constantele de timp sînt relativ mici (aproximativ 1 s). Principalele instalaţii tehnologice la care se întîlneşte r.n. fiind rezervoare, dinamica procesului, evidenţiată de viteza de variaţie a nivelului este determinată de diferenţa debitelor de intrare şi de ieşire şi este invers proporţională cu secţiunea rezervorului. Există numeroase procese la care această dinamică este relativ lentă şi ca atare se poate utiliza o reglare discontinuă, de tip bipoziţional, dar în cazul în care se doreşte o precizie sporită, sau se urmăreşte evitarea uzurii provocată de închiderea şi deschiderea frecventă a elementelor de execuţie (de regulă → **robinete de reglare**), se utilizează regulatoare continue de tip *P* sau *PI*. În fig. R. 15 se prezintă un sistem de reglare a nivelului pentru transferul de materie între un proces de amonte (*A*) spre un proces din aval (*B*), prin intermediul unui rezervor tampon, care permite ca în cazul sistării temporare a debitului din amonte să se evite variaţiile bruşte ale debitului de ieşire prin scăderea bruscă a nivelului din rezervor pînă cînd debitul din ieşire devine din nou egal cu cel din intrare. Performanţele unui astfel de proces sînt influenţate de constantele de timp ale rezervorului, traductorului, şi robinetului de execuţie, soluţia de automatizare fiind cu atît mai simplă, cu cît constanta de timp a procesului (rezervorului) este mai mare.

În cazul în care performanțele impuse sînt mai pretențioase, se poate realiza o schemă de reglare în cascadă a nivelului și debitului (nivelul în bucla externă), așa cum reiese din fig. R.16.

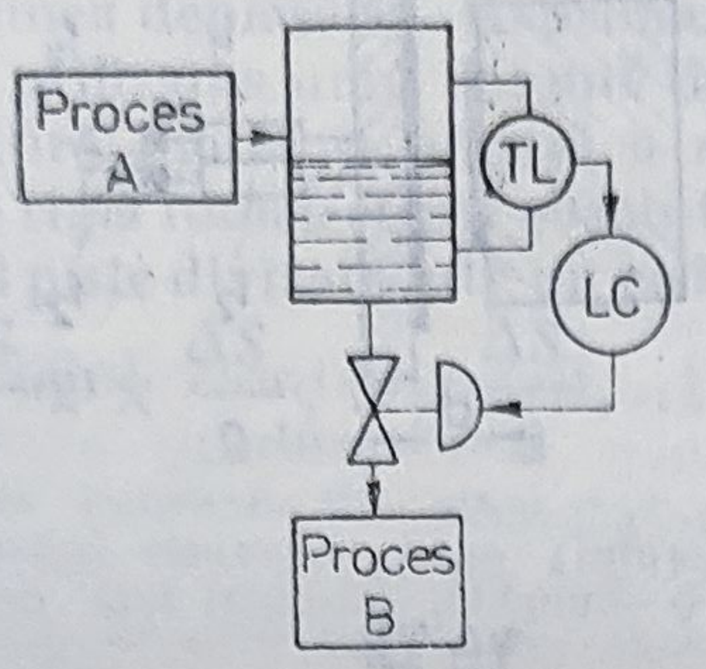


Fig. R.15. Sistem de reglare a nivelului.

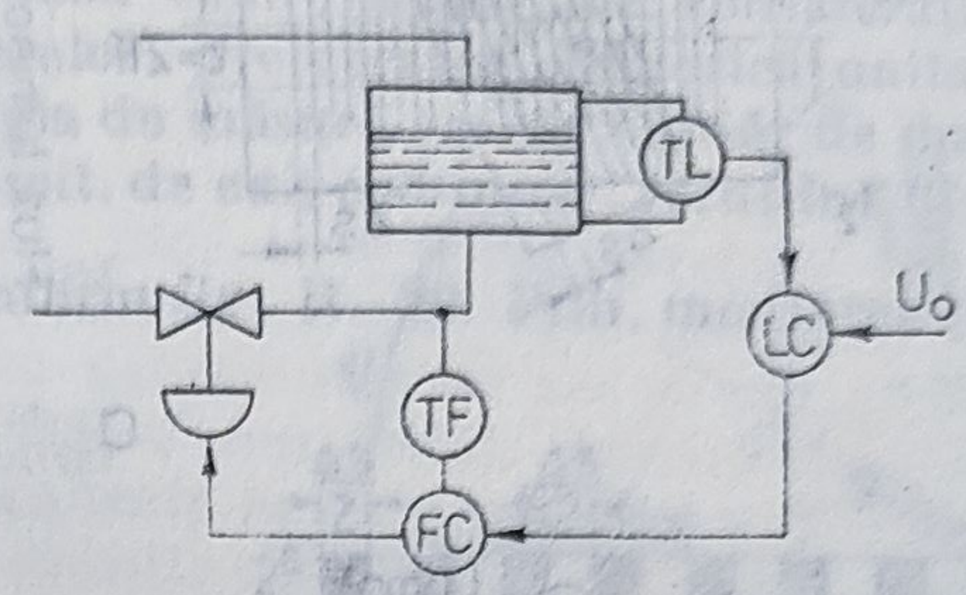


Fig. R.16. Sistem de reglare în cascadă a nivelului și debitului.

reglarea poziției, obiectiv al automatizării proceselor industriale ce constă în comanda și supravegherea deplasării unui organ mobil în vederea realizării unei valori impuse a acesteia, cu un regim de viteză specificat. Informația referitoare la poziția curentă a organului mobil provine de la sisteme de măsură a deplasării ce utilizează următoarele tipuri de traductoare:

a) *numerice*, la care elementul sensibil furnizează direct într-o reprezentare numerică valoarea poziției. Traductoarele numerice de poziție sînt realizate în două variante de bază: în impulsuri (incrementale) și absolute. Caracteristic metodei incrementale este cuantificarea deplasării măsurate S în cuante ΔS și transformarea, prin elementul sensibil, a fiecărei cuante într-un impuls electric. Impulsurile astfel obținute sînt însumate într-un numărător, al cărui conținut reflectă valoarea poziției curente. Elementul sensibil se bazează pe unul din efectele: fotoelectric, inductiv sau capacitiv:

a_1) rigle incrementale fotoelectrice, funcționînd după principiile: 1) transparență în care caz se utilizează rigle (rețele) optice cu striațiuni opace și transparente, echidistante, cu pasul de pînă la 40 μm. O sursă de lumină este obturată periodic de această rețea, în raport cu un element sensibil la lumină (de ex., fotodiodă), producînd la ieșire un semnal periodic, ce este prelucrat electronic sub forma de impulsuri rectangulare; 2) difracție, care se obține prin rețele de tip Moiré, în urma deplasării relative între două elemente ale traductorului, care au striațiuni fie cu pas egal și înclinare diferită (fig. R. 17), fie cu pas inegal și înclinare identică; 3) reflexie, atunci cînd diviziunile riglei nu mai sînt testate printr-un fascicul de lumină ce străbate corpul acesteia, ci prin intermediul razelor reflectate; sînt utilizate rigle metalice în locul celor din sticlă, fig. R.18. Traductorul se execută pentru puteri de rezoluție de pînă la 2 μm și precizii de ± 3 și ± 5 μm. Lungimea riglei între 100—1400 mm.

a_2) disc incremental fotoelectric, traductor de poziție rotativ la care rolul riglei este preluat de un disc de sticlă pe care sînt executate diviziuni radiale alternativ opace și transparente, fig. R. 19. Lățimea totală $\Delta\varphi$, a unei perechi formată dintr-o diviziune transparentă $\left(\frac{\Delta\varphi}{2}\right)$ și o diviziune opacă $\left(\frac{\Delta\varphi}{2}\right)$, formează pasul de divizare sau incrementul unghiular. Plecînd de la o realizare fizică a discului de măsură cu 600 de linii/ rot prin multiplicare electronică cu 4 se obțin N_{in}=2400 impulsuri/rot. Unghiul total de rotație este divizat

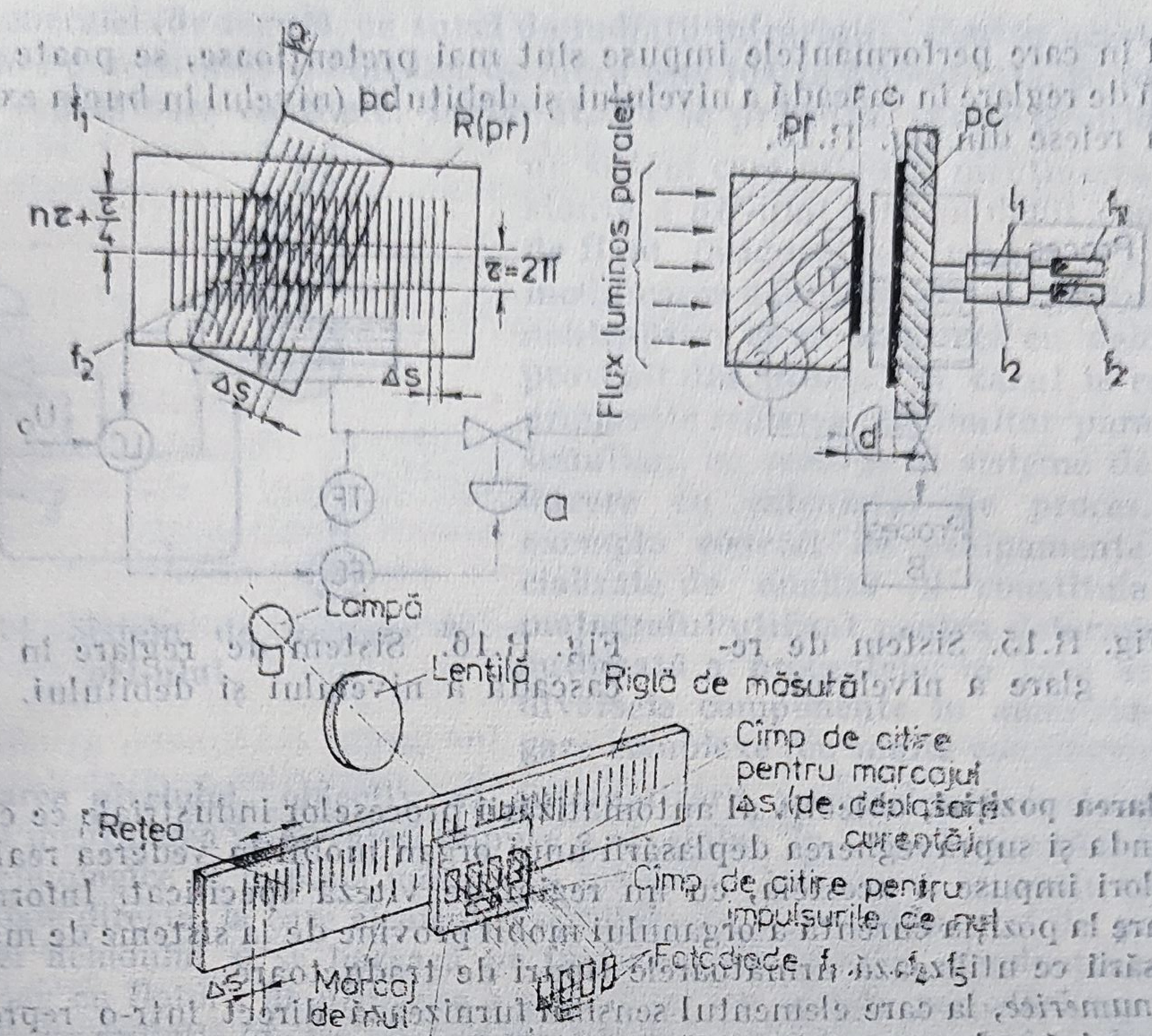


Fig. R.17. Rigle fotoelectrice bazate pe principiul difracției:

a — rețeaua și contrarețeaua rotite cu unghiul α între ele și suprapuse; *R* — rigla de măsură, din sticlă; *r* — rețea (12 ÷ 15 mm); *pc* — placa de sticlă cu contrarețeaua; *C* — contrarețea; *d* — distanța dintre rețea și contrarețea (zeci de μm); l_1, l_2 — lentile cilindrice; f_1, f_2 — fotodiode decalate între ele cu $\tau/4$; Δs — divizarea inițială a *R* și *pc*; τ — divizarea mărită prin efect Moiré; *b* — rigla și cursorul au striațiuni cu pas diferit; $f_1 \ldots f_4$ sînt decalate între ele cu $\pi/2$ și se montează în antiparalel f_1, f_3 și f_2, f_4 (decalaj de 90°: f_1, f_2, f_3, f_4); cele două semnale e_1 (f_1, f_3) și e_2 (f_2, f_4) sînt amplificate, formate *TTL* și multiplicate electronic.

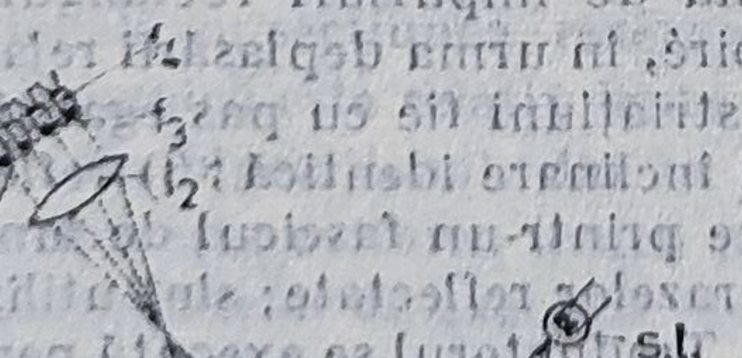


Fig. R.18. Riglă fotoelectrică bazată pe principiul reflexiei:

S — sursa de lumină; *g* — grila transparentă; $f_1, \ldots, f_4$ — elemente fotoelectrice; l_1, l_2 — lentile; *r* — rigla traductorului; ΔL — incrementul de divizare; v_n — viteza de deplasare relativă dintre riglă și capul de citire.

într-un număr de increment identice, determinînd o rezoluție de 0,15°. Principiul de funcționare a traductoarelor numerice absolute constă în furnizarea de către elementul sensibil direct a unei informații numerice ce reflectă mărimea deplasării. Exprimarea numerică a poziției curente se face codificat, utilizarea unui anumit tip de cod fiind impusă de considerații practice: citire sigură și precisă a numerelor, prelucrarea numerică unitară.

a_3) rigla fotoelectrică absolută, rigla de măsură are un număr de maximum 10 —12 piste divizate într-un cod anumit, de ex., cod binar, rezultînd divizările: $2^0 \times \frac{\Delta S}{2}, 2^1 \times \frac{\Delta S}{2}, 2^2 \times \frac{\Delta S}{2}, \ldots$ conform fig. R. 20. Prin montarea pe o axă

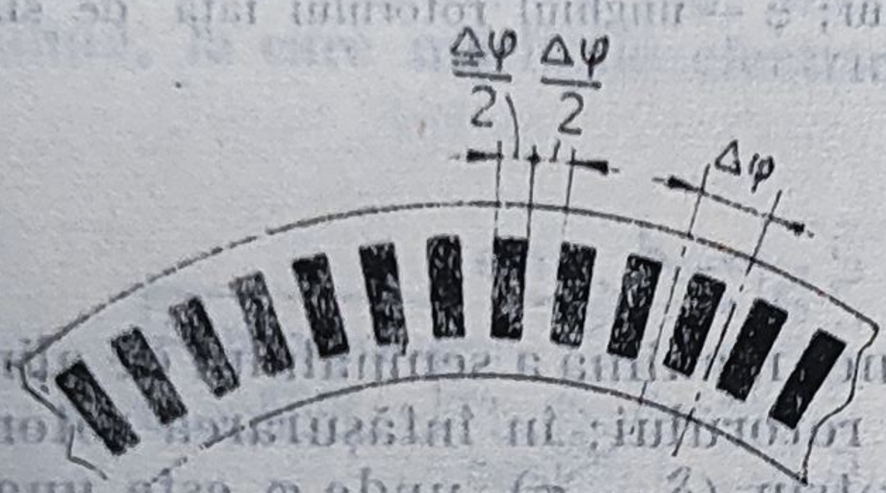


Fig. R.19. Disc fotoelectric incremental.

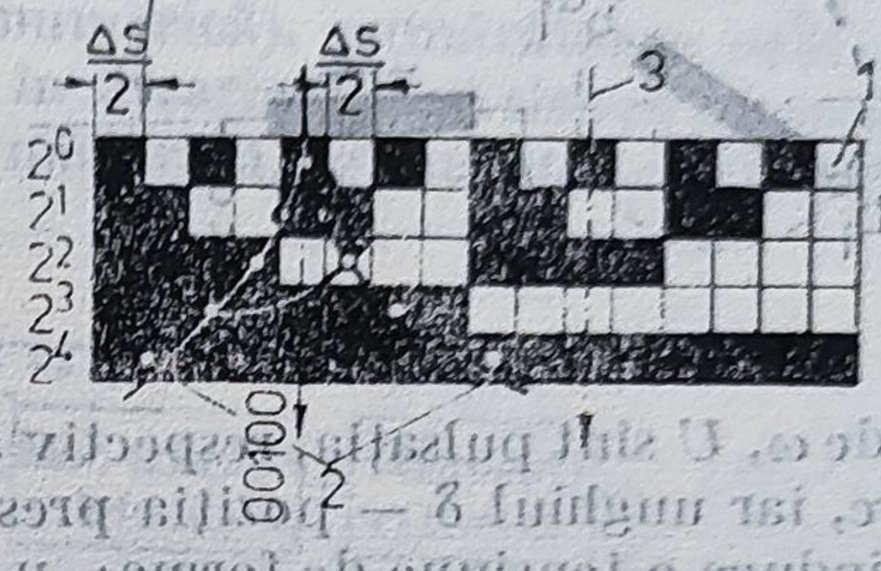


Fig. R.20. Riglă fotoelectrică absolută:

1 — rigla de măsură absolută, codificată binar natural; *2* — cititorii fotoelectrici, dublați și decalați spațial în formă de V pentru pista *i*, cu $i = 1, \ldots, 4$; *3* — axa de montare a cititorilor nedecalați.

unică perpendiculară în raport cu rigla a unui număr de captori fotoelectrici, egal cu numărul de piste, deplasarea relativă riglă — cititori este reflectată în combinația binară a semnalelor obținute de la sistemul de amplificare, filtrare și adaptare a ieșirilor elementelor fotosensibile.

a_4) disc fotoelectric absolut, traductor absolut rotativ, la care rolul riglei este îndeplinit de un disc ce poate măsura absolut deplasări de 360° (→ **disc codificat**); pentru deplasări mai mari informația are un caracter ciclic absolut, putîndu-se utiliza mai multe discuri codificate cuplate între ele prin roți dințate. Se fabrică pentru rezoluție de 10. . .8′, ceea ce corespunde la 2 000 diviziuni/ rot, la pista cu divizarea cea mai fină.

b) *analogice*, la care mărimea de ieșire din traductor reprezintă un semnal electric, de obicei o tensiune, a cărei amplitudine sau fază variază în mod continuu în funcție de deplasare, printr-o dependență exprimată uzual de o funcție trigonometrică (sinus sau cosinus).

Mărimea deplasării determinată în mod absolut de un traductor analogic corespunde perioadei *T* a semnalului electric. Traductoarele ciclic absolute pot acoperi deplasări mai mari decît aceea corespunzătoare perioadei *T*, identificînd perioadele ciclic și păstrînd caracterul absolut al măsurării în interiorul unei perioade. Principalele tipuri de traductoare analogice de deplasare ciclic absolute sînt:

b_1) rezolver, traductor inductiv rotativ, la care fluxul magnetic se închide prin fier. Rezolverul are un stator format din două înfășurări decalate spațial

cu 1/2 din pasul polar și un rotor format dintr-o singură înfășurare (fig. R.21) Cele două înfășurări ale statorului pot fi alimentate: 1) în raport de amplitudine:

$$u_1 = U \sin \delta \sin \omega t$$

$$u_2 = U \cos \delta \sin \omega t$$

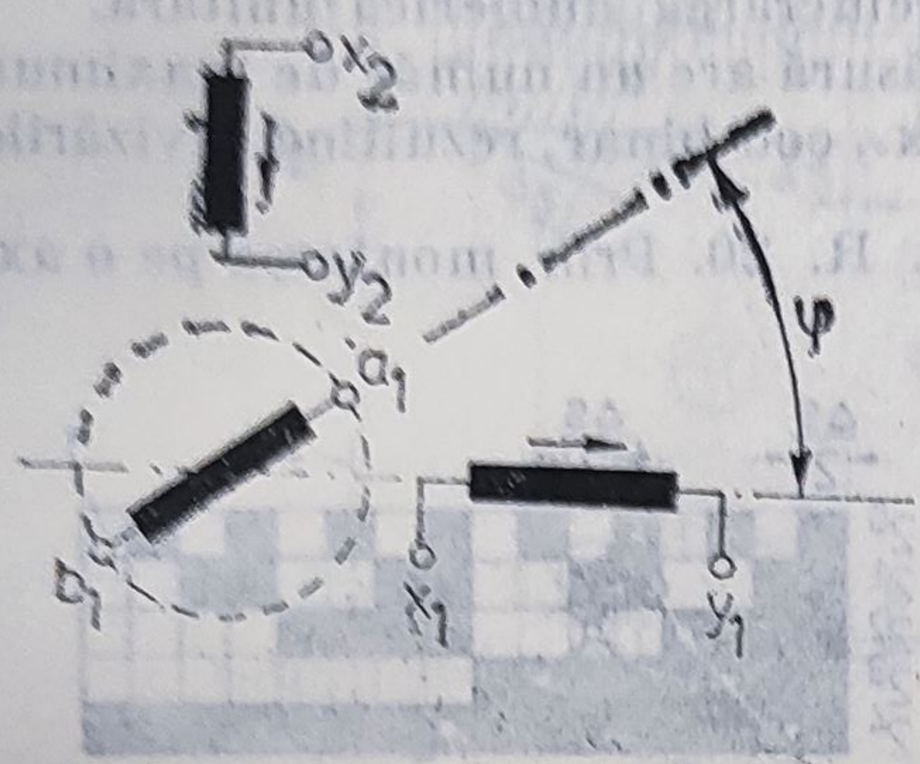


Fig. R.21. Reprezentarea înfășurărilor resolverului:

x_1, y_1 și x_2, y_2 — bornele de alimentare ale înfășurărilor statorului; a_1, b_1 — bornele înfășurării rotorului; φ — unghiul rotorului față de stator

unde ω, U sînt pulsația, respectiv amplitudinea maximă a semnalului de alimentare, iar unghiul δ — poziția prestabilită a rotorului; în înfășurarea rotorului se induce o tensiune de forma: $u_0 = U \sin \omega t \sin (\delta - \varphi)$, unde φ este unghiul rotorului față de stator; 2) în raport de fază:

$$u_1 = U \sin \omega t$$

$$u_2 = U \cos \omega t$$

în înfășurarea rotorului se induce o tensiune de forma:

$$u_0 = U \sin (\omega t - \varphi)$$

Poziția rotorului față de stator poate fi astfel determinată prin raportul amplitudinilor semnalelor rotor-stator, respectiv prin măsurarea fazei tensiunii rotorului față de tensiunea statorului luată ca referință.

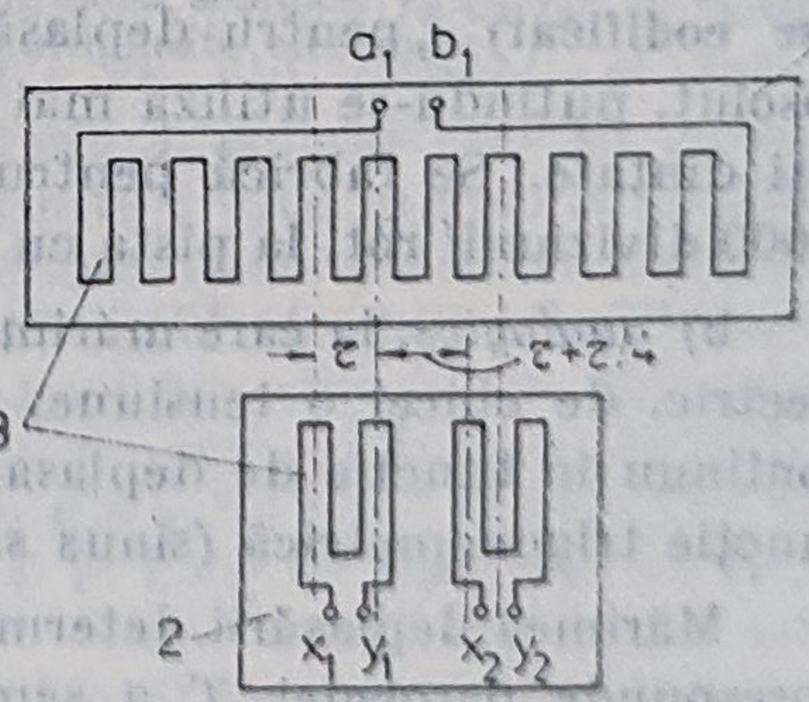


Fig. R.22. Reprezentarea înfășurărilor inductosynului liniar:

1 — placa de bază a riglei; *2* — placa de bază a cursorului; *3* — înfășurări sub formă de cablaj imprimat; τ — pasul înfășurării.

b_2) inductosyn, traductor inductiv bazat pe principiul de funcționare a rezolverului, realizat într-o construcție specială în care înfășurarea statorului și rotorului sînt desfășurate sub forma de cablaj imprimat. Rotorul și statorul sînt reprezentate de o riglă, respectiv un cursor în realizarea de inductosyn liniar, și de două discuri pentru cel rotativ (fig. R.22). Rigla

și cursorul sînt constituite din cîte o placă de oțel, pe care sînt lipite folii de cupru sub formă de cablaj imprimat rectangular (pasul de 2 mm), ce constituie înfășurările. Un ciclu de 2π radiani corespunde distanței spațiale τ. Alimentînd ambele înfășurări ale cursorului cu două tensiuni aflate într-un raport de amplitudine sau fază, tensiunea indusă în înfășurarea riglei va avea expresiile de tip u_0 de la rezolver, determinînd utilizarea inductosynului ca dispozitiv de zero, respectiv ca dispozitiv cu măsurarea fazei. Principalele caracteristici ale inductosynului liniar sînt: lungimile maxime ale riglei 250 mm; precizia măsurării: pînă la ± 1 μm; preț de cost redus; robustețe. Sistemele de măsură a deplasării ce utilizează traductoare de tip inductosyn sînt complexe, necesitînd generatoare de sin și cos, convertoare de fază (valoare analogică)/bit (valoare numerică), numărătoare neliniare (fig. R.23). Sistemele de **r.p.** sînt realizate în 3 variante: a) sistem de reglare continuă, la care mărimile electrice (poziția măsurată, semnalele de comandă),

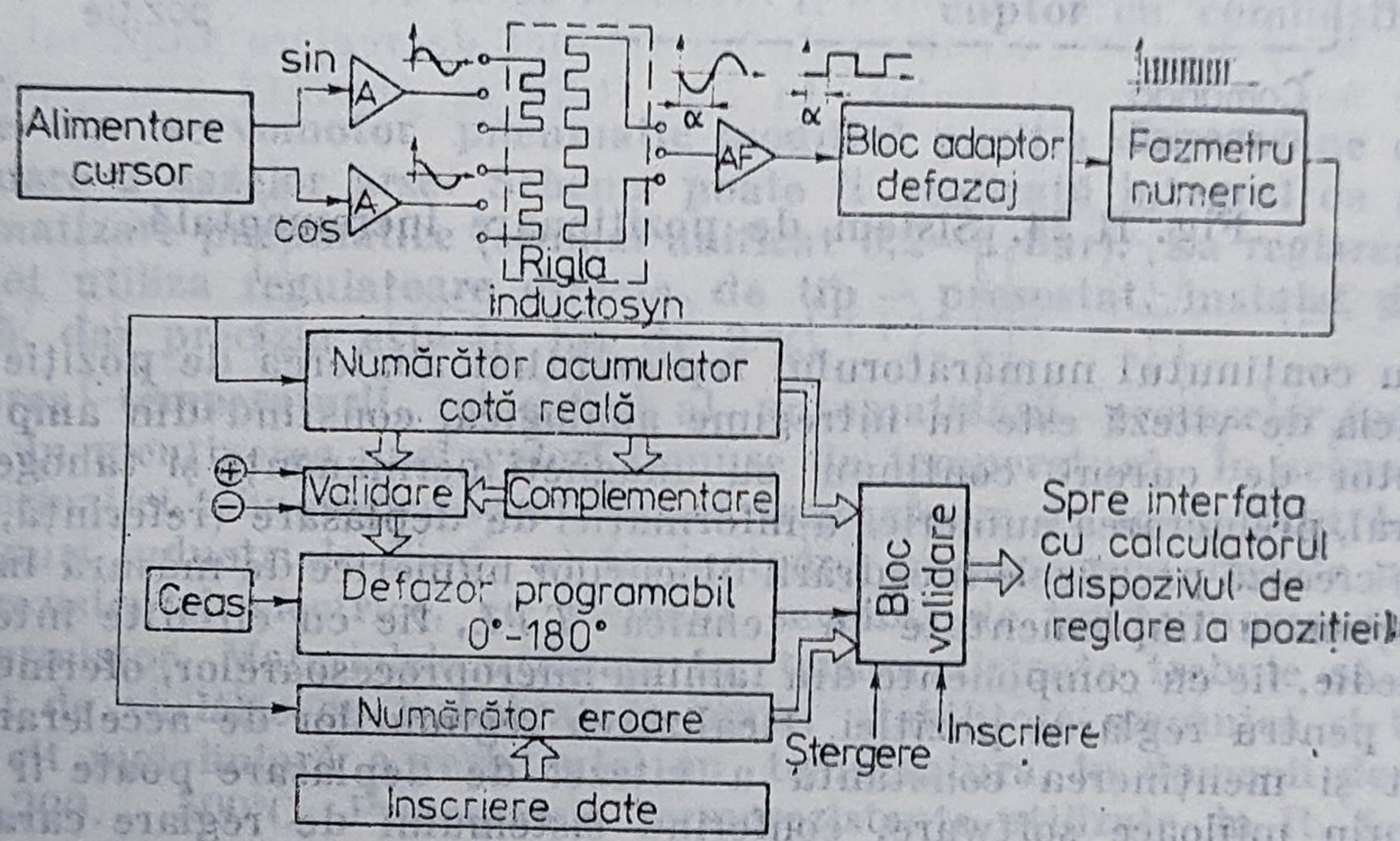


Fig. R.23. Sistem de măsură a deplasării cu inductosyn.

cît și mărimile mecanice (deplasarea și viteza organului mobil) au o evoluție continuă în timp; b) sisteme discrete de reglare, în care partea de prelucrare a informației este realizată cu circuite numerice, cu funcționare discontinuă, în timp ce comanda elementului de execuție ce antrenează organul mobil păstrează caracterul continuu (de ex., comanda servomotoarelor de curent continuu); c) sisteme incrementale de reglare care, pe lîngă prelucrarea numerică a informației de deplasare și viteză, utilizează elemente de execuție ce transformă informația discretă, sub formă de impulsuri, direct în deplasare discontinuă sau incrementală (de ex., motoare pas cu pas, motoare electrice hibride). În funcție de tipul elementului de execuție utilizat, cît și de performanțele urmărite, atingerea precisă a unei poziții impuse cu respectarea unui profil de viteză impus, sistemele de reglare pot fi în buclă deschisă — fără reacție de poziție, — sau în buclă închisă. În fig. R.24 este prezentat un sistem de reglare a poziției cu servomotor de curent continuu, obținut prin legarea în cascadă a unei bucle analogice de viteză cu bucla de reglare discretă a poziției. Sistemul realizează o poziționare incrementală cu profil de viteză trapezoidal. Valoarea pasului sau incrementul mișcării este introdusă ca mărime de referință sub formă numerică codificată la

intrarea paralelă a unui numărător reversibil. Ieşirea paralelă a numărătorului este convertită în semnal continuu de referinţă pentru bucla de reglare a vitezei n_r, printr-un convertor *N/A*. Acest semnal continuu este proporţio-

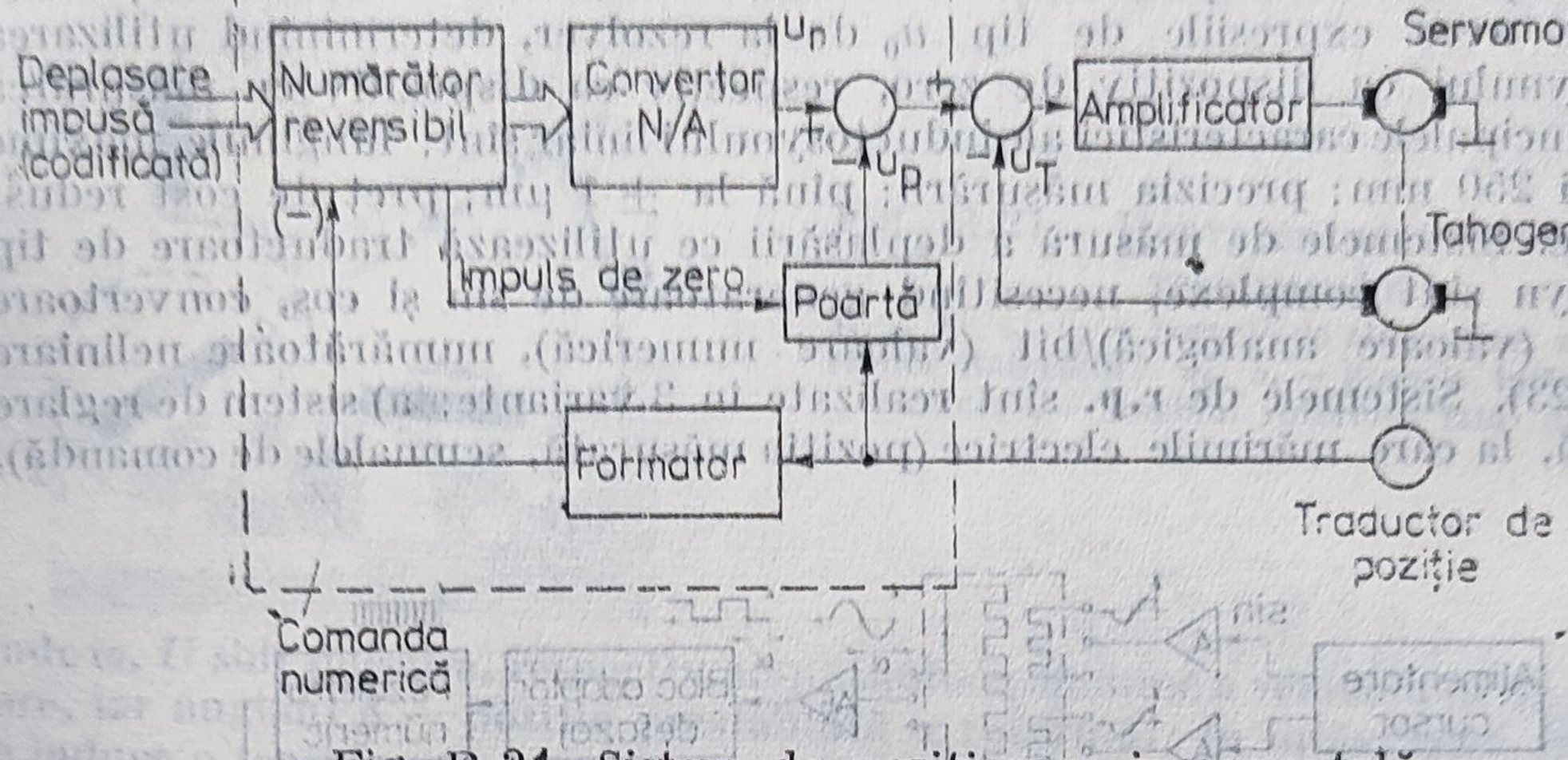


Fig. R.24. Sistem de poziţionare incrementală.

ţional cu conţinutul numărătorului reprezentînd abaterea de poziţie convertită. Bucla de viteză este în întregime analogică, constînd din amplificator, servomotor de curent continuu cu magneţi permanenţi şi tahogenerator. În general, prelucrarea numerică a informaţiei de deplasare (referinţă, reacţie, abatere) creează premizele încadrării blocurilor numerice de măsură în sisteme de poziţionare implementate în tehnica *TTL*, fie cu circuite integrate pe scară medie, fie cu componente din familia microprocesoarelor, oferind precizii ridicate pentru reglarea poziţiei. Realizarea regimurilor de accelerare/decelerare cît şi menţinerea constantă a vitezei de deplasare poate fi obţinută astfel prin mijloace software, conferind sistemului de reglare caracteristici unitare de prelucrare în timp real a informaţiei.

reglarea presiunii, obiectiv al automatizării proceselor industriale ce constă în menţinerea unei valori impuse de presiune. Informaţia tehnologică necesară reglării este furnizată de traductoare de presiune. Acestea au de regulă elemente sensibile de tip elastic care transformă presiunea într-o deplasare ce la rîndul ei este convertită în semnal electric (de ex., tub Bourdon pentru presiuni relative şi diferenţiale de la 1 at la zeci sau sute de atmosfere, membrană pentru presiuni pînă la ordinul atmosferelor, burduf (silfon), pentru presiuni sub o atmosferă). La presiuni joase (sub cea atmosferică) se folosesc traductoare de presiune cu clopot sau cu balanţă inelară şi în apropierea presiunii zero (vid) se folosesc vacuumetre cu fir cald (de ex., vacuumetrul Pirani). În ultimii ani se folosesc elemente sensibile de tip piezorezistiv, care constau în difuzarea unor zone de rezistenţă sensibile la presiune într-un suport de Si, cu o tehnică similară cu cea a producerii circuitelor integrate. Procesele în care se reglează presiunea se caracterizează prin constante de timp reduse şi timp mort mic, de aceea pentru procese la care nu se impun condiţii deosebite este suficientă utilizarea regulatoarelor de tip *P*. Un exemplu este prezentat în fig. R.25, în care presiunea într-un rezervor este reglată prin modificarea debitului de fluid admis. În situaţiile în care perturbaţiile de sarcină sînt mai importante sau presiunea trebuie menţinută riguros constantă, trebuie utilizate legi de reglare mai puternice (*PI*, *PID*,

ş.a.). În fig. R.26 se prezintă o buclă de reglare a presiunii într-un cuptor cu combustibil. Presiunea relativă (faţă de presiunea atmosferică) furnizează o reacţie regulatorului de presiune care printr-un element de exe-

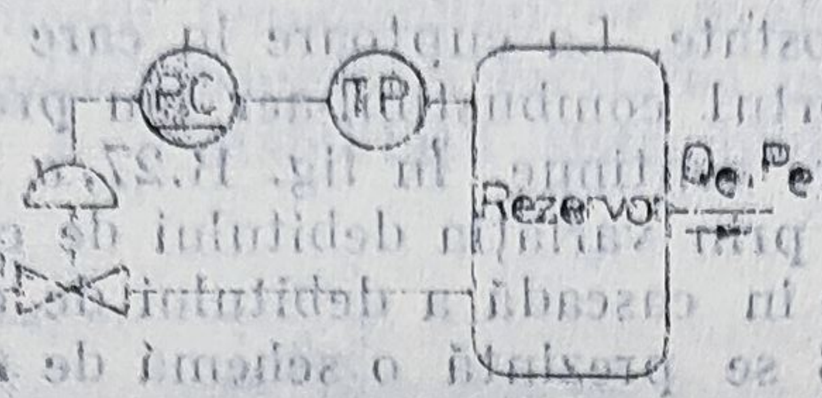


Fig. R.25. Sistem de reglare a presiunii într-un rezervor.

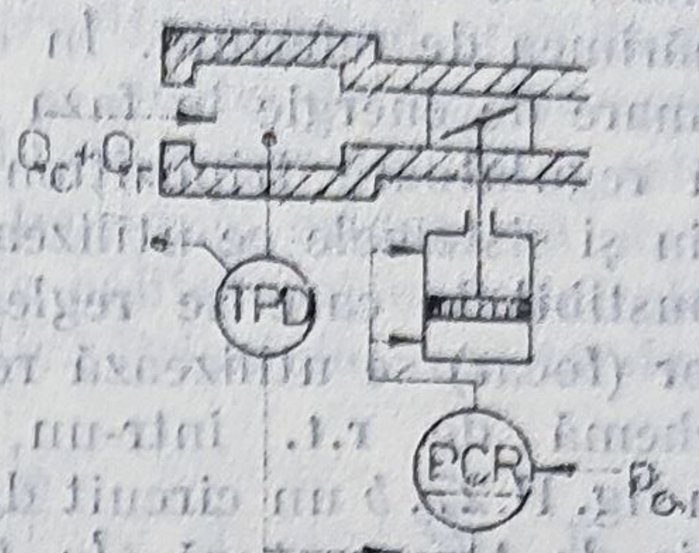


Fig. R.26. Sistem de reglare a presiunii într-un cuptor cu combustibil.

cuţie de tip servomotor pneumatic modifică poziţia clapetei pe conductă de evacuare a gazelor arse. Schema poate fi realizată integral cu elemente de automatizare pneumatice (semnal unificat 0,2—1 bar). La reglarea presiunii se pot utiliza regulatoare directe de tip — presostat, instalat direct pe conductă, dar precizia este în jur de 2%.

reglarea temperaturii, obiectiv al automatizării proceselor industriale constînd în menţinerea unei valori impuse de temperatură. În scopul asigurării informaţiei tehnologice se utilizează traductoare de temperatură, principalele tipuri industriale fiind: a) traductoare parametrice, bazate pe modificarea rezistenţei electrice, cu element sensibil de tip termorezistenţă sau de tip termistor. Materialele utilizate în termorezistenţe trebuie să aibă un coeficient de variaţie cu temperatura mare, stabilitate mecanică şi termică, variaţie cît mai liniară a rezistenţei cu temperatura, în domenii de temperatură —200... 500°C. Principalele termorezistenţe utilizate în R. S. România sînt cu fir de Pt sau de Cu, cu rezistenţă de 100 Ω sau 50 Ω la 0°C. Constantele de timp ale acestor elemente sensibile sînt de ordinul secundelor (fără teacă) şi peste 10 s (cu teacă de protecţie). Termistorii prezintă o constantă de timp mai redusă, dar domeniul de liniaritate este limitat la cîteva zeci de grade; b) traductoare generatoare cu elemente sensibile de tip termocuplu, bazate pe apariţia unei tensiuni electromotoare între două joncţiuni ale unor materiale distincte aflate la temperaturi diferite (o joncţiune la o temperatură de referinţă, cealaltă la temperatura de măsurat). Termocuplele lucrează pînă la temperaturi de 1 500...1 600°C, şi au constante de timp de ordinul zecilor de secunde (mult reduse dacă termocuplul nu are teacă). Principalele termocupluri sînt de tip fier-constantan (pentru temperaturi pînă la 600...700°C), cromel-alumel (pînă la 1 200°C) şi de platin-platin rhodiu (pînă la 1 500°C); c) pirometre de radiaţie utilizate pentru măsurarea temperaturilor ridicate (pînă la 3 000°C), bazate pe principiul cantităţii de căldură radiată de un corp, utilizînd fie radiaţia totală fie radiaţia monocromatică şi fiind caracterizate prin constanta de timp redusă (de ordinul secundelor); d) termometre manometrice, formate dintr-un bulb în care se găseşte un lichid sau un gaz ale cărui caracteristici fizice se modifică cu temperatura (de regulă, presiunea, măsurată apoi cu un element sensibil de tip tub Bourdon), avînd de asemenea o constantă de timp redusă (1 ÷ 5 s). Sistemele de r.t. sînt de fapt sisteme de reglare a transferului de căldură, adică a unor procese cu constante de timp relativ mari şi la care deseori

se evidenţiază şi timpul mort. La aceste procese, de ex., la r.t. în cuptoare electrice, cuptoare cu tuburi radiante, cuve, se utilizează regulatoare bipoziţionale, cu bune rezultate, obţinîndu-se o abatere mai mică de 1 % faţă de mărimea de referinţă. În cazul cuptoarelor la care este necesar un aport mai mare de energie în faza iniţială şi mai redus la regim normal, se utilizează regulatoare tripoziţionale. În această categorie a reglării discrete se înscriu şi sistemele ce utilizează termostate. La cuptoare în care se arde un combustibil la care se reglează raportul combustibil-aer sau presiunea din cuptor (focar) se utilizează regulatoare continue. În fig. R.27, *a* se prezintă o schemă de r.t. într-un cuptor prin variaţia debitului de combustibil, iar în fig. R.27, *b* un circuit de reglare în cascadă a debitului de combustibil funcţie de temperatură. În fig. R.28 se prezintă o schemă de r.t. într-un sistem avînd două acumulatoare de căldură: unul format de materialul ce trebuie încălzit la o anumită temperatură, celălalt de apa care circulă printrocuvă fiind antrenată de o pompă şi încălzită de la un schimbător de căldură separat. Elementul de execuţie este un robinet de reglare amplasat pe conducta de aer a schimbătorului. În fig. R.29 se prezintă o schemă de r.t.

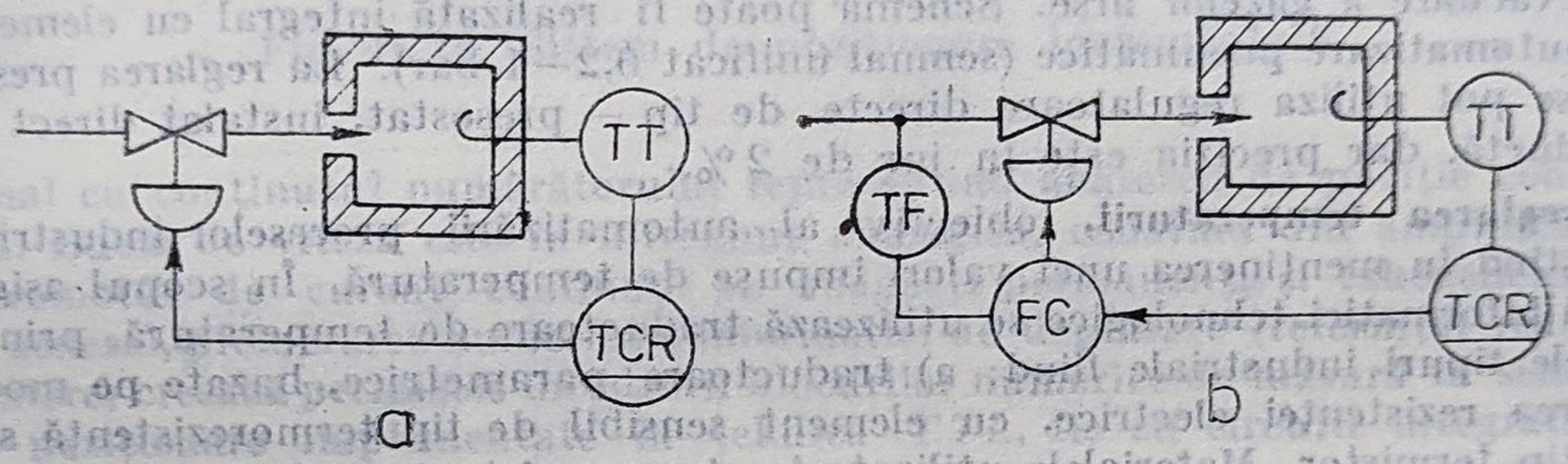


Fig. R.27. Sisteme de reglare a temperaturii.

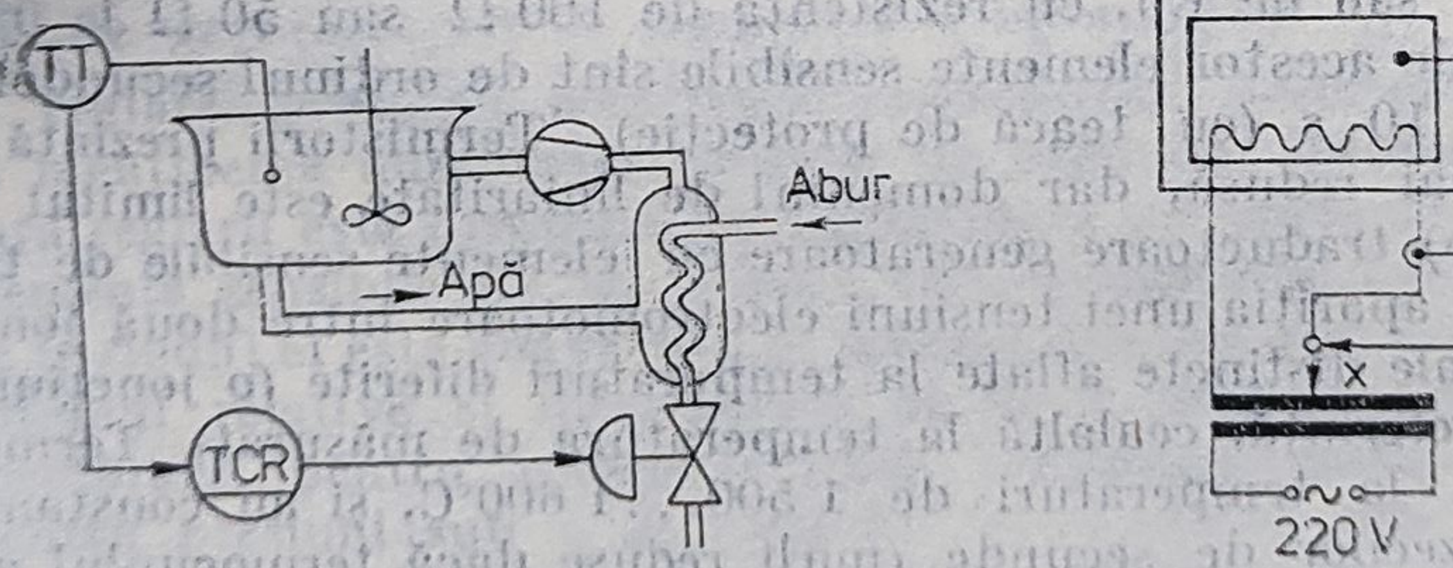


Fig. R.28. Sistem de reglare a temperaturii cu două acumulatoare de căldură.

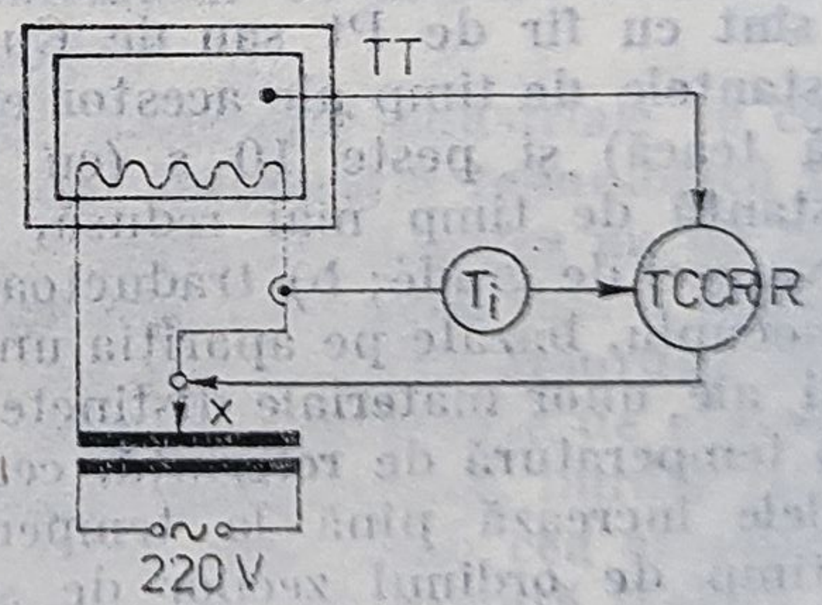


Fig. R.29. Sistem de reglare a temperaturii într-un cuptor electric.

într-un cuptor electric (cu rezistenţă electrică la incandescenţă), alimentat prin transformatorul *TR* prevăzut cu o priză mobilă pe o rolă ce se deplasează pe circuitul secundar; poziţia rolei *x* este stabilită de un element de execuţie comandat de regulatorul *R*, care primeşte şi un semnal proporţional cu curentul de încălzire de la traductorul *TT*. Pentru un exemplu de amplasare a unei bucle de r.t. într-un proces mai complex → automatizarea unui cuptor cu combustibil.

reglarea (automată a) tensiunii în sistemele energetice (RAT), sistem de reglare care asigură menținerea la valoarea impusă a tensiunii electrice la consumatori, deci și la nodurile generatoare ale sistemului energetic. **RAT** aduce mari avantaje în exploatarea sistemului energetic, mărind stabilitatea statică și dinamică, valoarea puterii maxime ce se poate debita în regim static de funcționare, precum și creșterea sensibilității protecției prin relee, evitarea producerii fenomenului de avalanșă de tensiune, asigurarea autopornirii motoarelor asincrone, creșterea indicilor de calitate ai energiei electrice produse și a fiabilității sistemului energetic. Principial există două

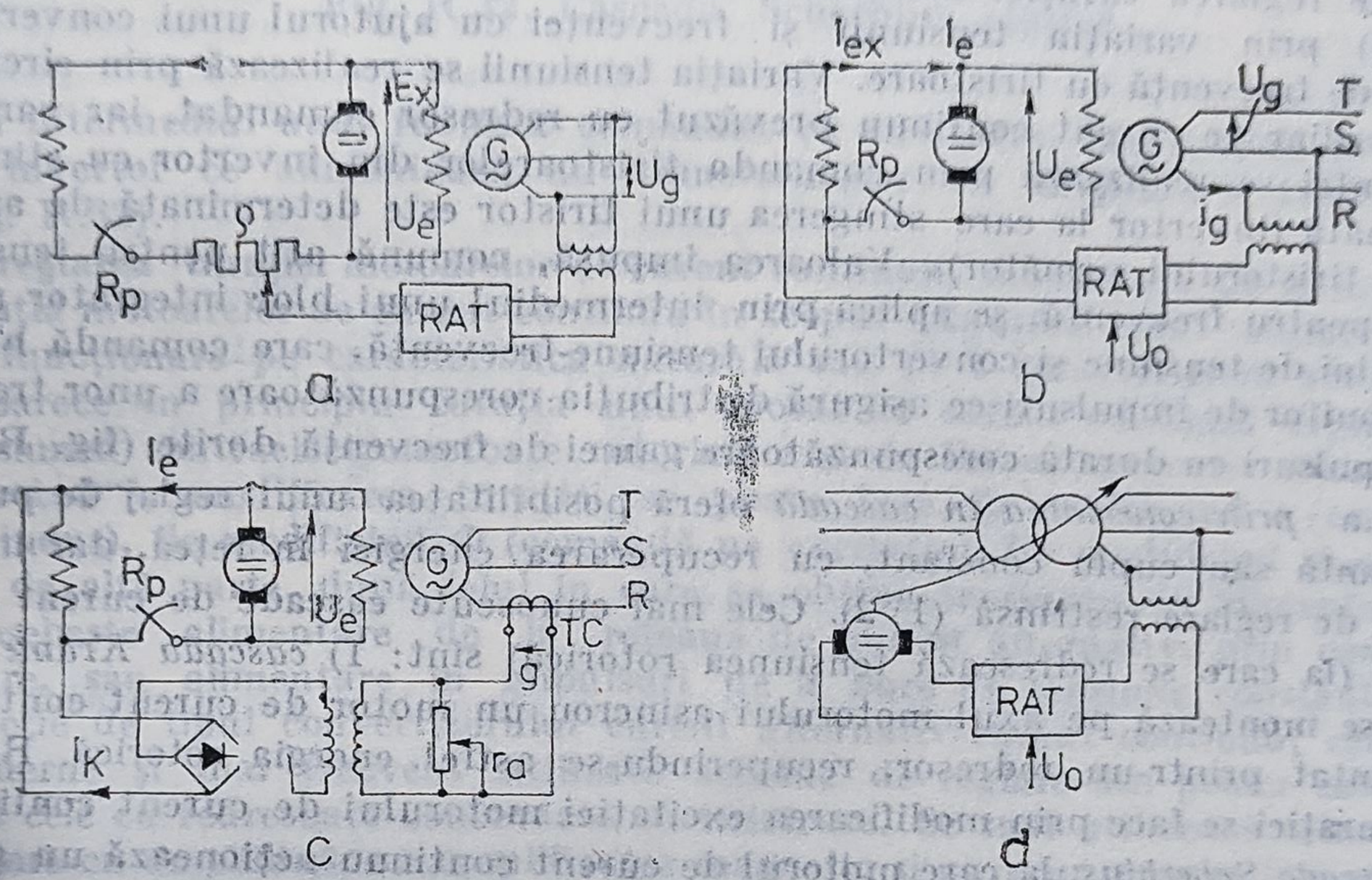


Fig. R.30. Sisteme de reglare a tensiunii.

posibilități pentru reglarea tensiunii pe barele generatorului sau stației electrice: variația tensiunii electromotoare prin variația excitației generatorului sincron și variația reactanței longitudinale a transformatorului. Pentru prima variantă **RAT** metodele tipice sînt: a) modificarea valorii rezistenței suplimentare ρ în circuitul de excitație; b) variația excitației prin alimentarea înfășurării de excitație cu un curent suplimentar, proporțional cu variația tensiunii din statorul generatorului U_g; c) compoundarea la care curentul de excitație suplimentar este proporțional cu curentul statoric I_g, compensînd căderile de tensiune interne. Pentru a doua variantă metoda tipică este d) variația raportului de transformare a transformatoarelor (sau autotransformatoarelor) prevăzute cu reglare sub sarcină prin modificarea prizelor la transformatorul de putere. Variantele moderne permit reglarea automată a raportului de transformare în funcție de variația valorii tensiunii în punctul de instalare a transformatorului sau de variația tensiunii rezultante dintre tensiunea în punctul de instalare și un punct al sistemului energetic.

reglarea turației motoarelor asincrone, acțiune prin care se urmărește modificarea turației motoarelor asincrone, în scopul asigurării unui anumit punct de funcționare pe caracteristica naturală sau pe o caracteristică artificială. Deoarece viteza de rotație este $n = n_0(1 - s) = \frac{60f}{p}(1 - s)$, unde s reprezintă alunecarea, rezultă că ea poate fi variată astfel:

a) prin modificarea numărului de poli, ceea ce conduce la o variaţie în trepte; b) prin modificarea frecvenţei tensiunii de alimentare f (şi implicit a tensiunii pentru realizarea unui cuplu constant). Acest lucru se poate realiza prin modificarea directă a frecvenţei, cu echipamente de tip ciclo-convertor, sau utilizînd un convertor intermediar de curent continuu (convertor static); c) prin modificarea alunecării s, acest lucru putînd fi realizat prin modificarea tensiunii de alimentare sau, la motoarele cu rotor bobinat, prin modificarea rezistenţei rotorice sau prin conectare în cascadă. **R.t.m.a** *prin convertizoare statice de frecvenţă* reprezintă un procedeu care permite reglarea turaţiei motoarelor asincrone (de obicei cu rotor în scurt-circuit) prin variaţia tensiunii şi frecvenţei cu ajutorul unui convertizor static de frecvenţă cu tiristoare. Variaţia tensiunii se realizează prin circuitul intermediar de curent continuu prevăzut cu redresor comandat, iar variaţia frecvenţei se realizează prin comanda tiristoarelor din invertor cu stingere automată (invertor la care stingerea unui tiristor este determinată de aprinderea tiristorului următor). Valoarea impusă, comună atît pentru tensiune cît şi pentru frecvenţă, se aplică prin intermediul unui bloc integrator regulatorului de tensiune şi convertorului tensiune-frecvenţă, care comandă blocul distribuitor de impulsuri ce asigură distribuţia corespunzătoare a unor trenuri de impulsuri cu durata corespunzătoare gamei de frecvenţă dorite (fig. R.31). **R.t.m.a** *prin conectarea în cascadă* oferă posibilitatea unui reglaj de putere constantă sau cuplu constant, cu recuperarea energiei în reţea, dar într-o gamă de reglare restrînsă (1 : 2). Cele mai cunoscute cascade de curent continuu (la care se redresează tensiunea rotorică) sînt: 1) *cascada Kramer*, la care se montează pe axul motorului asincron un motor de curent continuu alimentat printr-un redresor, recuperîndu-se astfel energia rotorică. Reglarea turaţiei se face prin modificarea excitaţiei motorului de curent continuu; 2) *cascada Scherbius*, la care motorul de curent continuu acţionează un generator GS ce debitează energie în reţea; 3) *cascada cu grup redresor — invertor* (cascada Scherbius statică), la care debitarea energiei în reţea se face

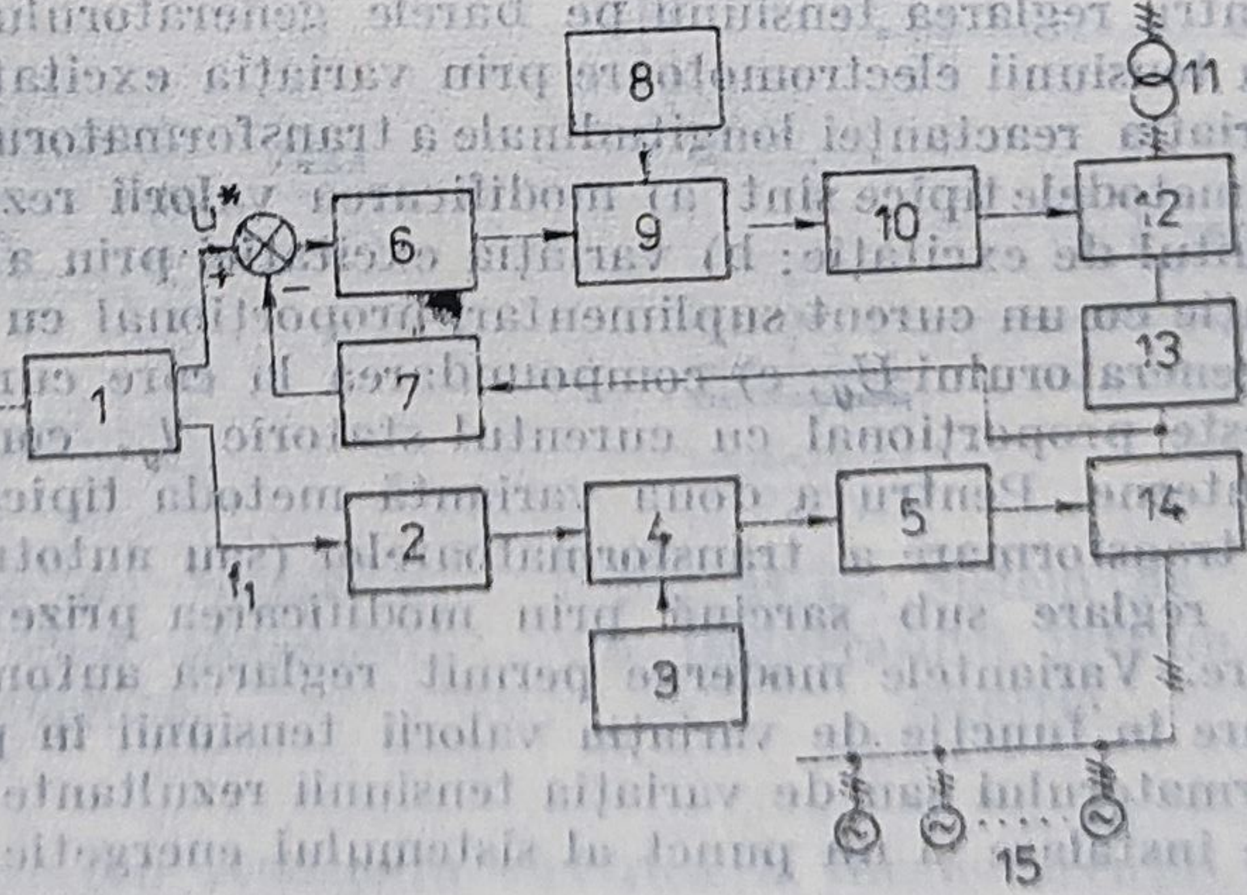


Fig. R.31. Schema de principiu a unui convertizor static de frecvenţă:

1 — bloc integrator; *2* — convertor tensiune-frecvenţă; *3* — generator de tact; *4* — bloc distribuitor de impulsuri; *5* — bloc amplificatoare de ieşire; *6* — regulator de tensiune; *7* — amplificator semnal traductor; *8* — dispozitiv de limitare; *9* — dispozitiv de comandă pe grilă; *11* — transformator de alimentare; *12* — redresor comandat; *13* — filtru; *14* — invertor; *15* — grup de motoare

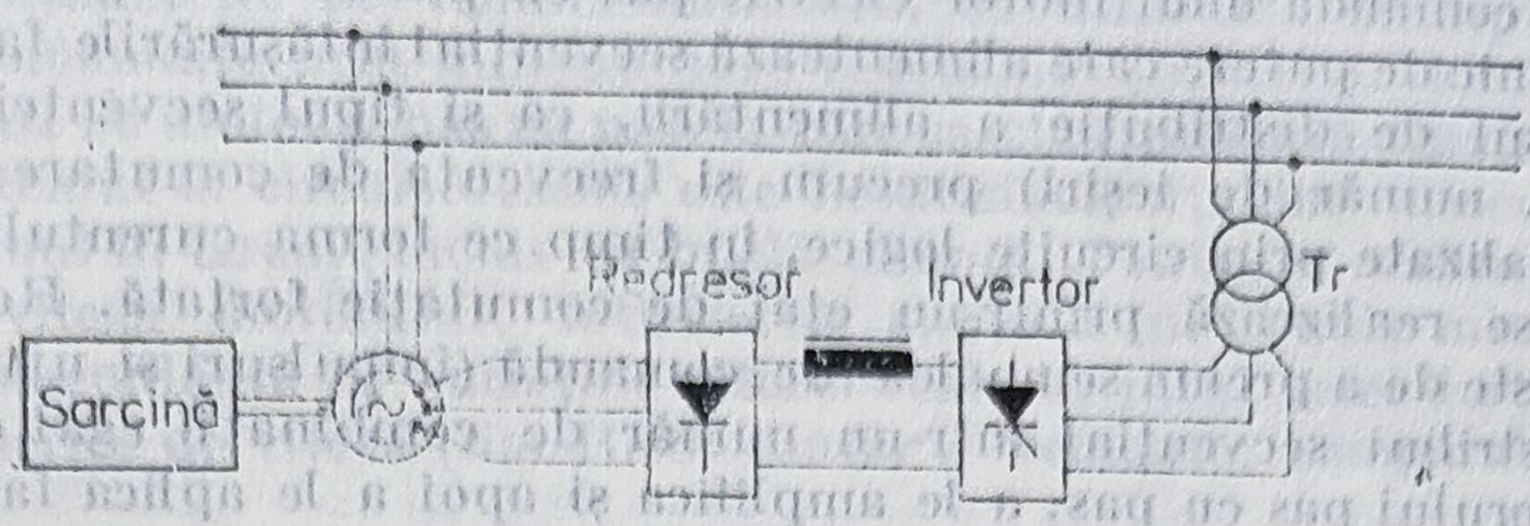


Fig. R.32. Cascada Scherbius statică.

prin intermediul unui redresor comandat cu tiristoare, funcţionînd în regim de invertor ce alimentează un transformator de adaptare a tensiunilor. (fig. R.32).

reglarea turaţiei motoarelor de curent continuu, modalitate de a modifica turaţia motoarelor de curent continuu în scopul asigurării unui anumit punct de funcţionare pe caracteristica naturală sau pe o caracteristică artificială. Deoarece în principiu turaţia unui motor de curent continuu depinde de tensiunea contraelectromotoare rotorică e şi de fluxul magnetic statoric Φ, $n = ke\Phi^{-1}$, modificarea turaţiei se poate face fie modificînd e (comandă pe indus), fie modificînd Φ (comandă pe excitaţie), fie modificînd şi e şi Φ. Pe de altă parte, după felul în care se obţine tensiunea de alimentare, se deosebeşte alimentare de la reţeaua de curent alternativ, prin convertizoare, sau alimentare în impulsuri de la bare de tensiune constantă. În funcţie de tipul convertizorului curent alternativ/curent continuu, cele mai moderne şi mai frecvent utilizate scheme de reglare din prima categorie sînt cele cu redresoare comandate cu tiristoare. Se mai utilizează scheme de reglare cu amplidină, cu amplificator magnetic şi cu grup convertizor rotativ (Ward—Leonard). **R.t.m. de c.c.** *utilizînd redresoare comandate cu tiristoare* constituie o metodă de reglare din categoria celor cu alimentare de la reţeaua de curent alternativ, prin intermediul unor convertizoare cu tiristoare, care se pot realiza în diverse variante: monofazat, trifazat, semicomandat (cu tiristoare şi diode), şi la care unghiul de deschidere al tiristoarelor este

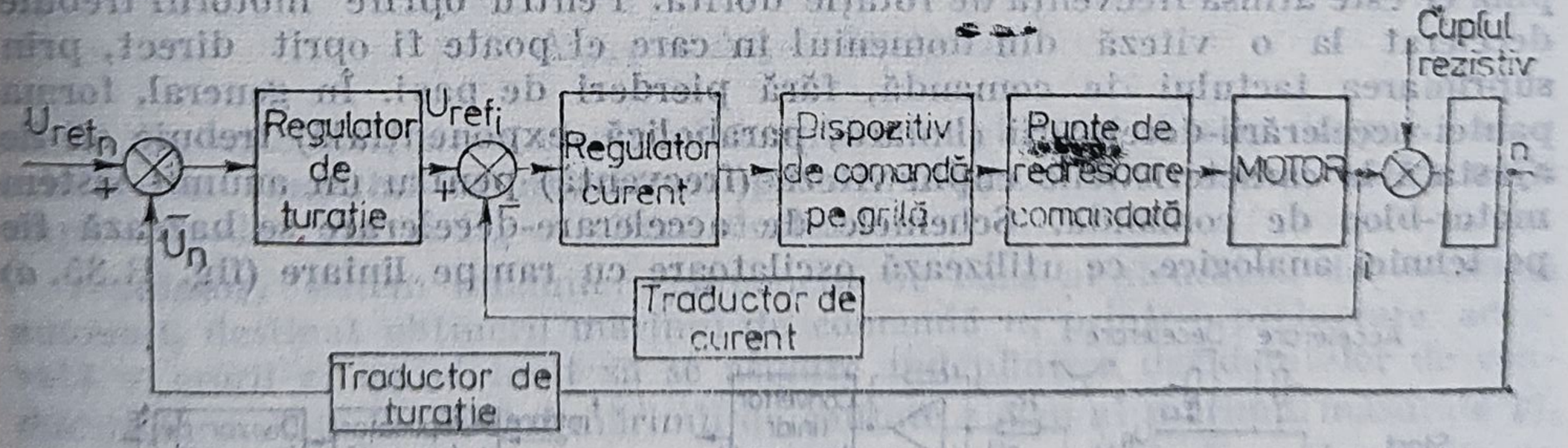


Fig. R.33. Sistem de reglare în cascadă a turaţiei.

comandat de diferenţa între tensiunea corespunzătoare turaţiei de referinţă şi tensiunea corespunzătoare turaţiei reale. Schema bloc de reglare cea mai utilizată constă într-o reglare în cascadă, în bucla internă fiind reglat curentul rotoric, în cea exterioară turaţia (fig. R.33).

reglarea turaţiei motoarelor electrice pas cu pas, soluţie tehnică avînd drept obiectiv realizarea unui profil de viteză impus pentru deplasarea rotorului motoarelor electrice pas cu pas, utilizînd mijloace de automatizare.

În general, comanda unui motor electric pas cu pas se face printr-un dispozitiv electronic de putere care alimentează secvenţial înfăşurările fazelor motorului. Sensul de distribuţie a alimentării, ca şi tipul secvenţei (simetrică, nesimetrică, număr de ieşiri) precum şi frecvenţa de comutare a înfăşurărilor sînt realizate prin circuite logice, în timp ce forma curentului în fazele motorului se realizează printr-un etaj de comutaţie forţată. Rolul acestui dispozitiv este de a prelua semnalele de comandă (impulsuri şi nivel de sens), de a le distribui secvenţial într-un număr de combinaţii egal cu numărul fazelor motorului pas cu pas, a le amplifica şi apoi a le aplica fazelor motorului (fig. R.34). Impulsurile de comandă pot proveni de la un generator de impulsuri reglat manual sau de la un dispozitiv de calcul numeric prin intermediul unui filtru numeric, pentru calibrarea distanţei între impulsuri.

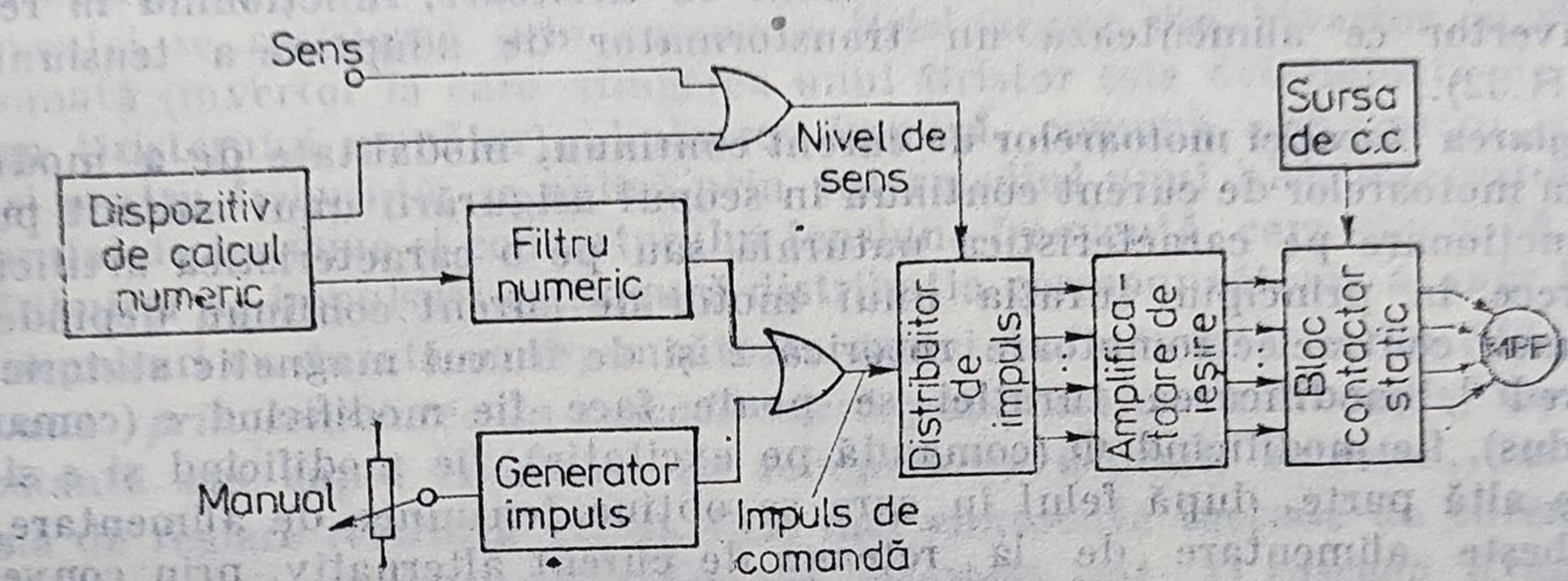


Fig. R.34. Schema bloc de comandă şi alimentare a motorului pas cu pas.

Un motor pas cu pas poate fi comandat în circuit deschis (comandă cu impulsuri singulare sau cu tren de impulsuri) sau în circuit închis. Funcţionarea unui motor pas cu pas în circuit deschis, la frecvenţele de pornire-oprire necesită folosirea unor tehnici de accelerare-decelerare, pentru a împiedica pierderea de paşi, adică pornirea la o frecvenţă scăzută, după care frecvenţa impulsurilor de comandă este crescută, după un profil impus, pînă ce este atinsă frecvenţa de rotaţie dorită. Pentru oprire motorul trebuie decelerat la o viteză din domeniul în care el poate fi oprit direct, prin suprimarea tactului de comandă, fără pierderi de paşi. În general, forma pantei accelerării-decelerării (liniară, parabolică, exponenţială) trebuie să fie ajustată la caracteristicile cuplu-viteză (frecvenţă) pentru un anumit sistem motor-bloc de comandă. Schemele de accelerare-decelerare se bazează fie pe tehnici analogice, ce utilizează oscilatoare cu rampe liniare (fig. R.35, a)

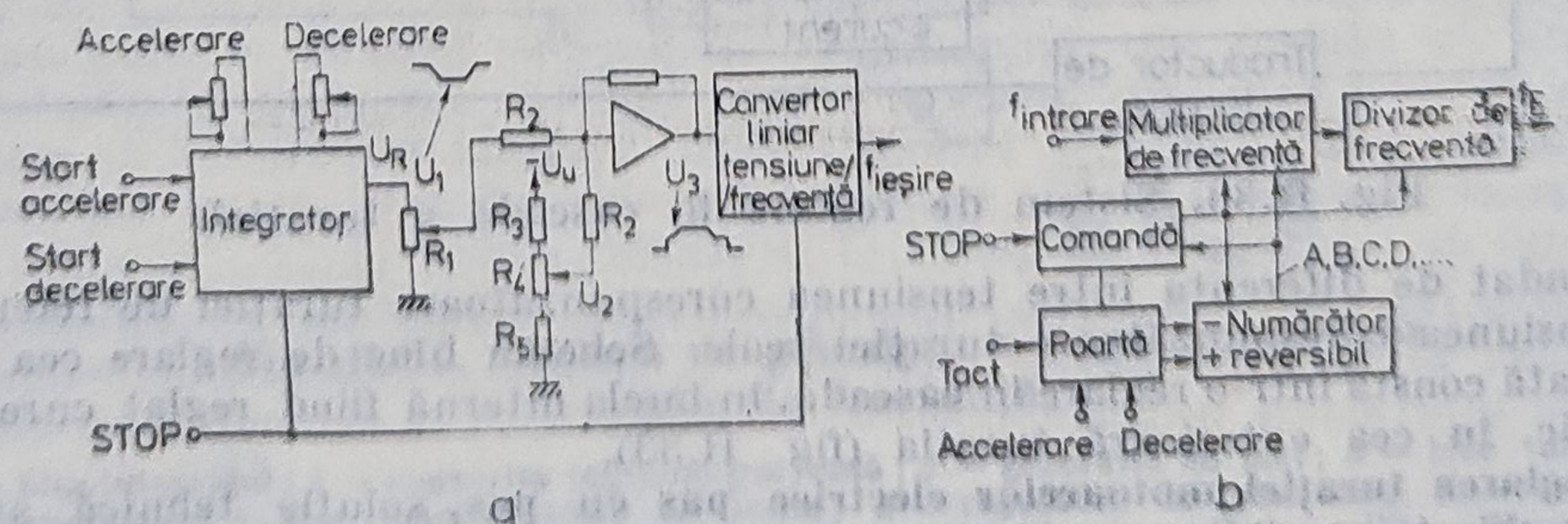


Fig. R.35. Soluţii pentru accelerarea/decelerarea motorului pas cu pas.

sau exponenţiale, fie pe tehnici numerice, ce utilizează multiplicatoare de frecvenţă comandate prin numărătoare reversibile (fig. R.35, *b*). În aplicaţii de poziţionare cu motoare pas cu pas, la care sarcina prezintă fluctuaţii semnificative, sistemul în circuit deschis este nesatisfăcător, fiind înlocuit în general cu sistemul în circuit închis cu buclă minoră. Pentru a realiza şi menţine constantă viteza motorului, întîrzierea aplicată pe bucla minoră trebuie reglată în concordanţă cu variaţiile vitezei reale în jurul celei dorite. Regulatoarele numerice de viteză (fig. R.36) conţin 3 elemente: comparator, selector

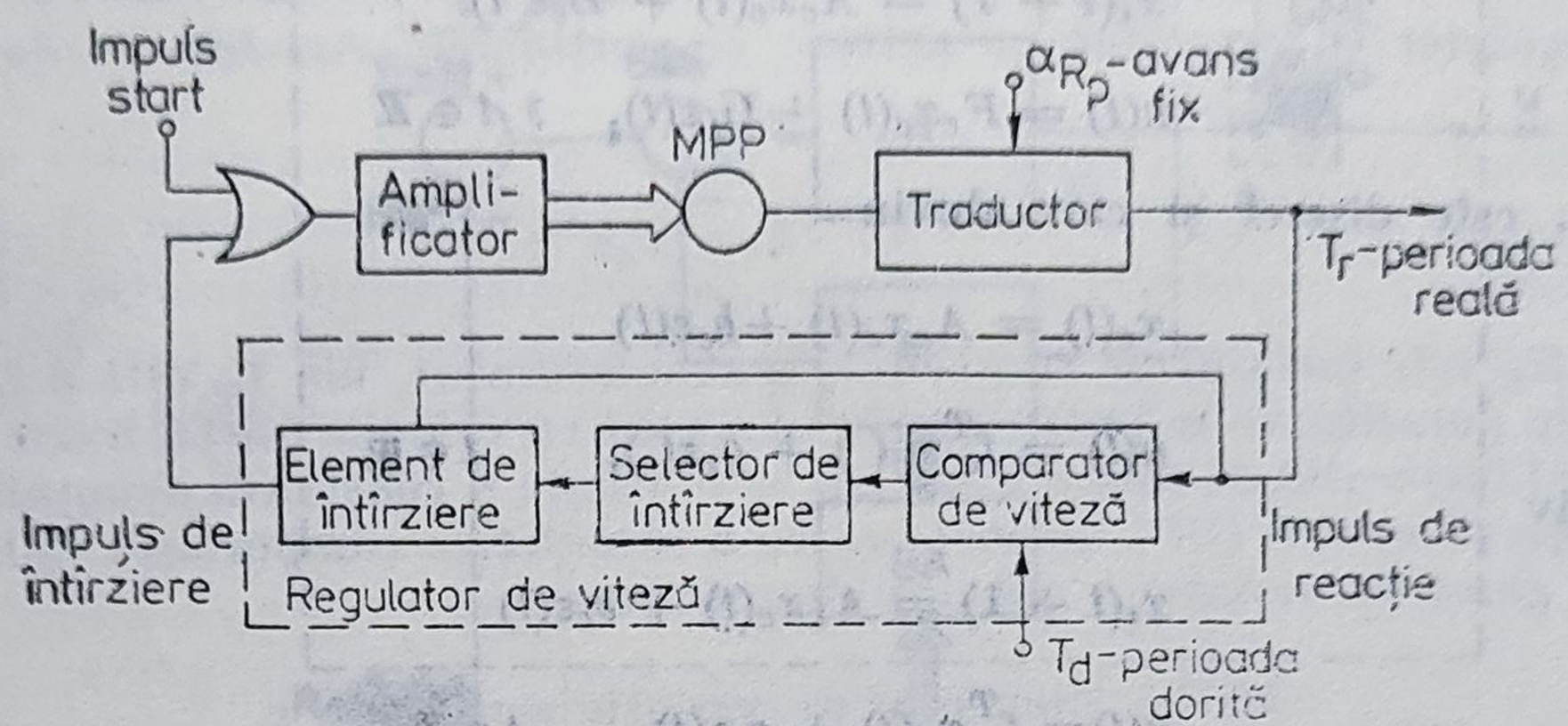


Fig. R.36. Reglarea vitezei motorului pas cu pas cu regulator numeric.

de întîrziere şi element de întîrziere propriu-zis. Comparatorul de viteză compară timpul necesar pentru executarea unui pas cu perioada impusă a paşilor (inversul frecvenţei paşilor) şi determină dacă viteza medie după ultimul pas efectuat este prea mică sau prea mare. Măsurarea se face după fiecare pas al motorului. Selectorul alege un nou timp de întîrziere pentru următorul impuls de la traductor, mărind sau micşorînd în consecinţă timpul de întîrziere precedent. În general, legea care defineşte selectarea timpului de întîrziere pentru al $(n+1)$-lea pas este:

$$\Delta t_{n+1} = \Delta t_n + \delta t(\Omega_r, \Omega_d)$$

unde Δt_n este întîrzierea electronică aplicată celui de-al n-lea impuls; δt — schimbarea timpului de întîrziere după ultimul pas; Ω_r — viteza medie reală după al n-lea pas şi Ω_d — viteza dorită.

regulator, sistem dinamic, component de bază al structurii de → **sistem automat,** destinat obţinerii mărimii de comandă u, printr-o prelucrare adecvată a erorii ε, astfel încît să se asigure îndeplinirea deziderateleor de conducere formulate la nivelul mărimii de calitate z (sau al mărimii măsurate y), deziderate ce se concretizează, în general, printr-o listă de performanţe pe care trebuie să le îndeplinească funcţia $z(t)$ (respectiv $y(t)$) (→ **performanţele sistemelor automate**). În multe cazuri în locul denumirii de r. (preferat în general în structura clasică de sistem automat cu o intrare şi o ieşire) se utilizează aceea de compensator, la ambele denumiri adăugîndu-se eventual atributul de automat pentru a specifica modul esenţial de lucru al acestui sistem. De asemenea, în cazul în care r. este un sistem liniar el se denumeşte r. (automat) liniar (compensator liniar) şi neliniar în caz contrar. R. *liniare*

se descriu ca sisteme dinamice liniare invariante, la limita → **realizabilităţii fizice**

$$\begin{aligned} \dot{x}_c(t) &= A_c x_c(t) + B_c \varepsilon(t) \\ u(t) &= F_c x_c(t) + G_c \varepsilon(t), \qquad t \in \mathbb{R} \end{aligned} \tag{1}$$

în cazul continuu, respectiv

$$\begin{aligned} x_c(t+1) &= A_c x_c(t) + B_c \varepsilon(t) \\ u(t) &= F_c x_c(t) + G_c \varepsilon(t), \qquad t \in \mathbb{Z} \end{aligned} \tag{2}$$

dacă r. este discret şi care devin

$$\begin{aligned} \dot{x}_c(t) &= A_c x_c(t) + b_c \varepsilon(t) \\ u(t) &= f_c^T x_c(t) + g_c \varepsilon(t), \qquad t \in \mathbb{R} \end{aligned} \tag{3}$$

respectiv

$$\begin{aligned} x_c(t+1) &= A_c x_c(t) + b_c \varepsilon(t) \\ u(t) &= f_c^T x_c(t) + g_c \varepsilon(t), \qquad t \in \mathbb{Z} \end{aligned} \tag{4}$$

în cazul în care r. este cu o intrare şi o ieşire. În acest ultim caz funcţia de transfer este

$$H_c(s) = g_c + f_c^T (sI - A_c)^{-1} b_c = g_c + \frac{f_c^T (sI - A_c)^+ b_c}{\det (sI - A_c)} = \frac{R_c(s)}{P_c(s)}$$

respectiv

$$H_c(z) = g_c + f_c^T (zI - A_c)^{-1} b_c = g_c + \frac{f_c^T (zI - A_c)^+ b_c}{\det (zI - A_c)} = \frac{R_c(z)}{P_c(z)}$$

şi reprezintă o raţională proprie ($\partial[R_c] = \partial[P_c]$). Aceasta se aproximează, în unele cazuri, în sensul neglijării constantelor de timp parazite (constante de timp mici în raport cu cele ale părţii fixate), rezultînd o funcţie de transfer neproprie ($\partial[R_c] > \partial[P_c]$); de altfel, însuşi cazul funcţiei de transfer proprii corespunde unei neglijări a cel puţin o constantă de timp parazită. Particularitatea esenţială a unui r. ca sistem este aceea că parametrii (A_c, b_c, f_c, g_c) se pot modifica în game ce îl fac compatibil cu o clasă întreagă de procese. Modalitatea principală de realizare practică a r. continue este bazată pe structura cu reacţie, la care calea directă şi reacţia au funcţiile de transfer $H_1(s) = k$ (amplificator ideal) respectiv $H_r(s)$, caz în care funcţia de transfer în circuit închis este

$$H_r(s) = \frac{H_1(s)}{1 + H_1(s)\, H_r(s)} = \frac{k}{1 + kH_r(s)} = \frac{1}{\dfrac{1}{k} + H_r(s)} \simeq \frac{1}{H_r(s)} \tag{5}$$

deoarece k este foarte mare. Această idee stă la baza construcţiei industriale de r. standardizate cu legi de reglare de tip P, PI, I, PID cu o largă

aplicabilitate în conducerea convențională a proceselor industriale. Structura generală a unui astfel de r. este prezentată în fig. R.37. În multe cazuri componentele *P*, *I*, *D* se realizează cu blocuri separate și prin sumare se

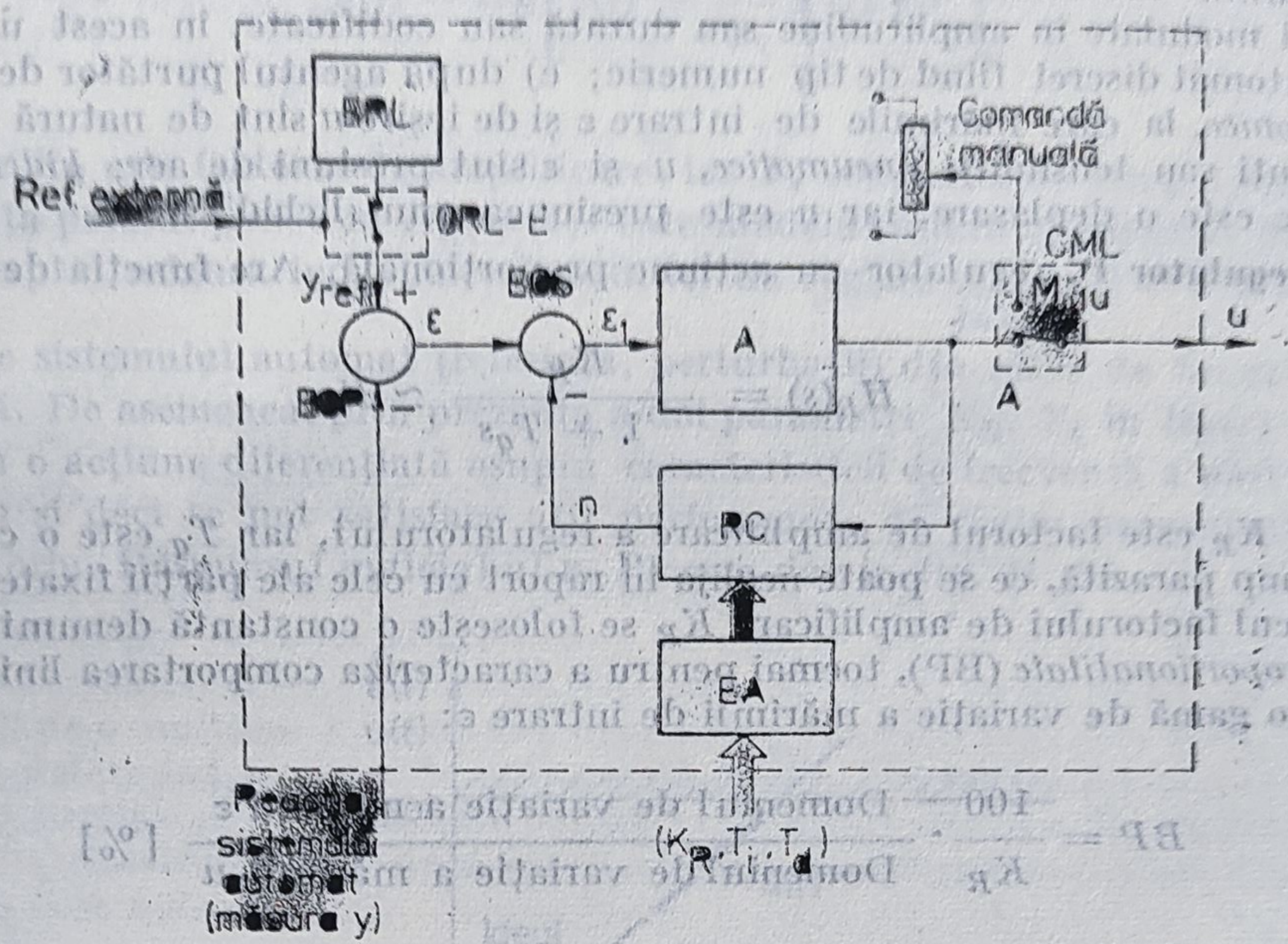


Fig. R.37. Caracteristica structura generală a unui regulator standard: *ERL* — element de prescriere a referinței locale; *CRL* — prescriere; *ECS* — element de comparație; *E* — comutator pentru referință locală externă; *ECP*$_i$ — element de comparație structură; *A* — amplificator; *RC* — rețea de corecție; *EA* — element de adaptare; *CML* — comutator manual-automat (local).

pot genera legile clasice de reglare *P*, *PI*, *PID*. **R.** automate se clasifică după: a) sursa de energie exterioară solicitată de r.: r. *directe*, atunci cînd nu este necesară o sursă de energie exterioară, transmiterea semnalului realizîndu-se pe seama energiei din proces, preluată de traductorul de reacție, și r. *indirecte*, care folosesc o sursă de energie exterioară. **R.** *indirecte* realizează performanțe de reglare superioare celor directe; b) viteza de răspuns a procesului condus: r. *pentru procese rapide*, folosite pentru reglarea mărimilor din instalații tehnologice care au constante de timp mai mici decît ordinul secundelor (de ex. acționări electrice) și r. *pentru procese lente*, pentru conducerea instalațiilor tehnologice cu constante mai mari decît 10 s (de ex. procese chimice); c) structura constructivă: r. *unificate*, la care mărimea de intrare ε cît și cea de ieșire *u* sînt semnale de aceeași natură fizică și au aceeași gamă de variație. Aceste semnale se numesc unificate, putînd fi de tipul: 0,2...1 kgf/cm²; 2...10 mA c.c.; 1...5 mA c.c.; 0...0,5 V c.c., pentru procese lente și −10 ... 0 ... +10 V c.c.; −5...0...+5 mA c.c. pentru procese rapide. **R.** automate unificate au avantajul tipizării, al interschimbabilității și permit reglarea mărimilor de natură fizică diferită; r. *specializate* care sînt destinate în exclusivitate reglării unei singure mărimi specifice dintr-o instalație tehnologică. Acestea au construcții speciale și funcționează cu semnale cu caracteristici particulare, corespunzătoare aplicației respective; d) tipul acțiunii realizate: r. *cu acțiune continuă*, la care eroarea ε și comanda *u* variază continuu în timp, în funcție de legea de dependență $f(\cdot)$, între intrare și ieșire $u = f(\varepsilon)$; pot fi liniare sau neliniare. **R.** continue

liniare sînt de tipul: *P*, *PI*, *PID*, ş.a., iar cele neliniare pot fi de tipul bipoziţional, tripoziţional, ş.a.; *cu acţiune discretă*, r. la care mărimea de ieşire u este formată dintr-o succesiune de impulsuri, mărimea de intrare (eroarea) fiind o mărime continuă. Impulsurile de la ieşirea blocului de reglare discretă pot fi modulate în amplitudine sau durată sau codificate, în acest ultim caz r. automat discret fiind de tip numeric; e) după agentul purtător de energie: *electronice*, la care mărimile de intrare ε şi de ieşire u sînt de natură electrică (curenţi sau tensiuni); *pneumatice*, u şi ε sînt presiuni de aer; *hidraulice*, la care ε este o deplasare, iar u este presiunea unui lichid.

regulator P, regulator cu acţiune proporţională. Are funcţia de transfer

$$H_R(s) = \frac{K_R}{1 + T_q s} \simeq K_R$$

unde K_R este factorul de amplificare a regulatorului, iar T_q este o constantă de timp parazită, ce se poate neglija în raport cu cele ale părţii fixate. Uneori în locul factorului de amplificare K_R se foloseşte o constantă denumită *bandă de proporţionalitate* (BP), tocmai pentru a caracteriza comportarea liniară doar într-o gamă de variaţie a mărimii de intrare ε:

$$BP = \frac{100}{K_R} \cdot \frac{\text{Domeniul de variaţie a mărimii } \varepsilon}{\text{Domeniul de variaţie a mărimii } u} \quad [\%]$$

Acest regulator, intervenind în acelaşi mod asupra întregii caracteristici de frecvenţă nu permite satisfacerea simultană a performanţelor de regim staţionar (permanent) şi tranzitoriu. Caracteristica statică a acestui regulator este prezentată în fig. R. 38.

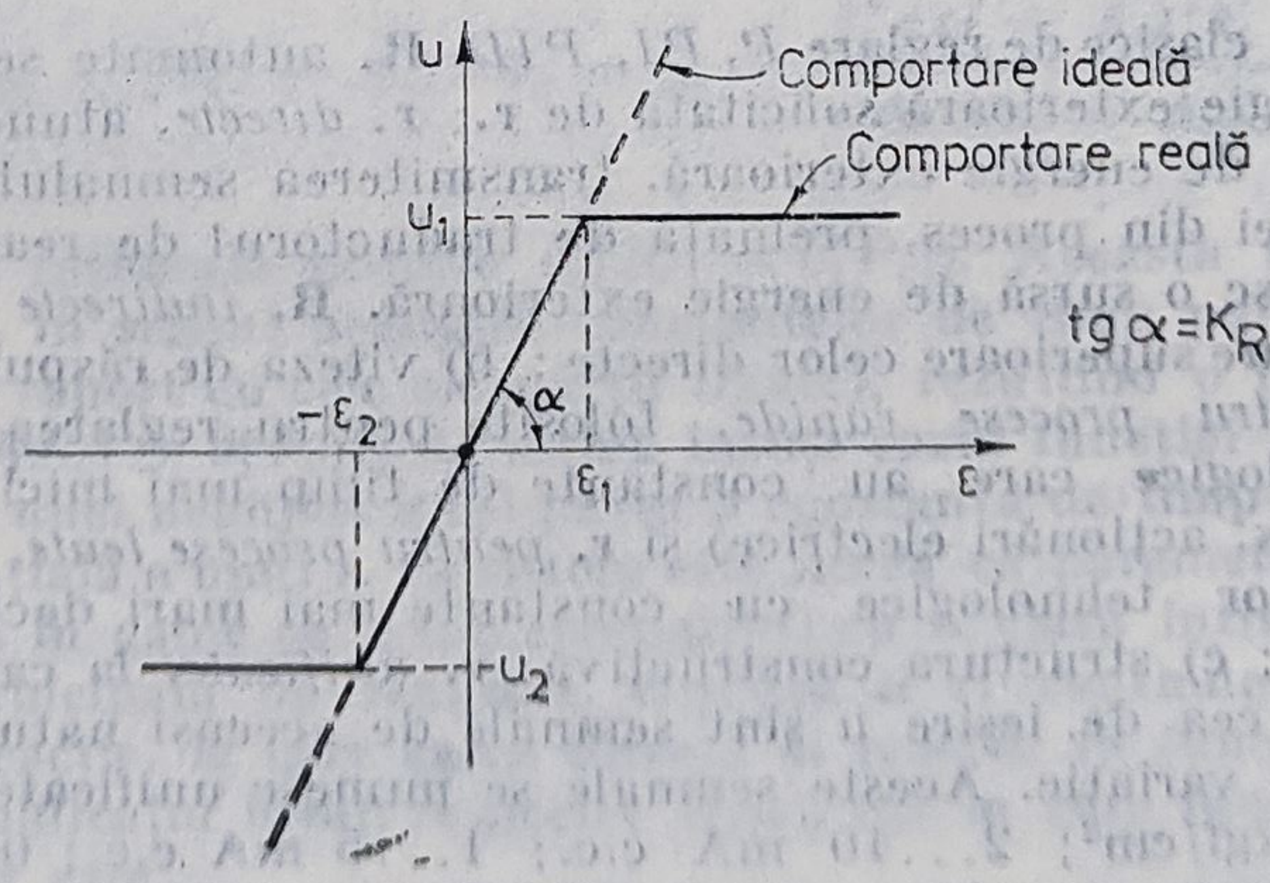


Fig. R.38. Caracteristica statică a unui regulator P.

regulator PI, regulator cu acţiune proporţional-integrală. Are funcţia de transfer

$$H_R(s) = K_R \frac{1 + T_i s}{T_i s(1 + T_q s)} \simeq K_R \frac{1 + T_i s}{T_i s} = K_R \left[1 + \frac{1}{T_i s}\right]$$

adică dependența de timp intrare-ieșire este

$$u(t) = K_R\left[\varepsilon(t) + \frac{1}{T_i}\int_0^t \varepsilon(t)\mathrm{d}t\right]$$

și unde K_R este factorul de amplificare, iar T_i constanta de timp de integrare. Prezența polului $p = 0$ în $H_R(s)$ ($1/s$ este modelul intern al clasei de funcții de tip treaptă) asigură îndeplinirea condiției de reglare $\lim_{t\to\infty} \varepsilon(t) = 0$ la semnale externe sistemului automat (referință, perturbații) din clasa de funcții de tip treaptă. De asemenea, prin prezența a doi parametri K_R, T_i în $H_R(s)$ se poate asigura o acțiune diferențiată asupra caracteristicii de frecvență a părții fixate $H_F(j\omega)$ și deci se pot satisface atît performanțe de regim permanent, cît și tranzitoriu. Răspunsul indicial al r. **PI** este dat în fig. R. 39.

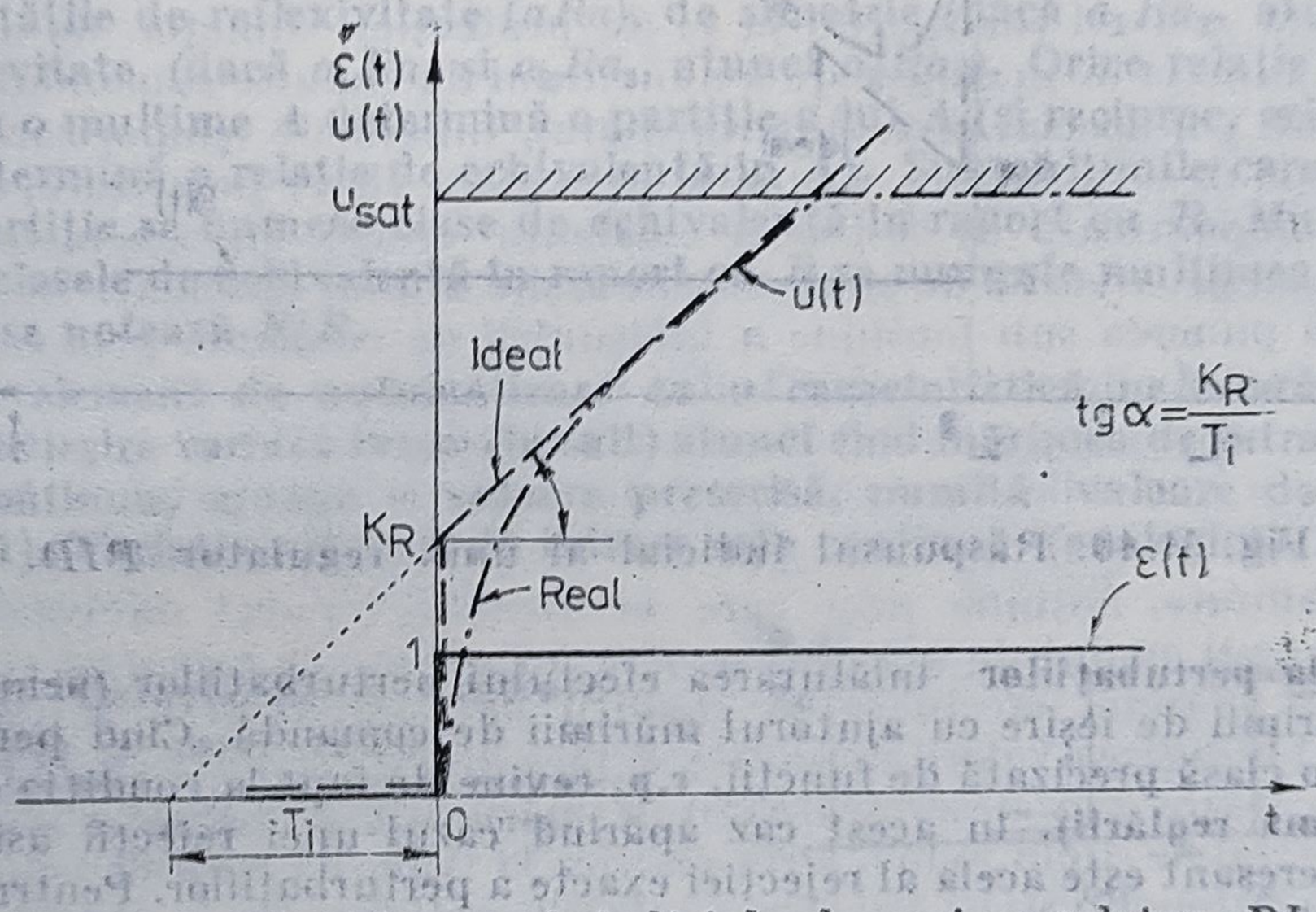


Fig. R.39. Răspunsul indicial al unui regulator *PI*.

regulator PID, regulator cu acțiune proporțional-integral-derivativă. Are funcția de transfer

$$H_R(s) = K_R\,\frac{1 + T_i s + a_2 s^2}{T_i s(1 + T_{a1}s)(1 + T_{a_2}s)} \simeq K_R\,\frac{1 + T_i s + a_2 s^2}{T_i s} =$$

$$= K_R\left[1 + \frac{1}{T_i s} + \frac{a_2}{T_i}\,s\right] = K_R\left[1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s\right]$$

unde K_R, T_i, T_d reprezintă factorul de amplificare, constanta de timp de integrare, respectiv derivare, și unde T_i și T_d, în general, nu sînt independente, raportul $T_d/T_i = \alpha$, numindu-se factor de corelație și este specific fiecărui

regulator. Față de → **regulatorul PI**, în acest caz apare și componenta D astfel că în timp dependența intrare-ieșire este evident

$$u(t) = K_R\left[\varepsilon(t) + \frac{1}{T_i}\int_0^t \varepsilon(t)\,dt + T_d\frac{d\varepsilon(t)}{dt}\right]$$

care poate să asigure o viteză de răspuns mai mare pentru sistemul automat. Răspunsul indicial al r. PID este dat în fig. R. 40.

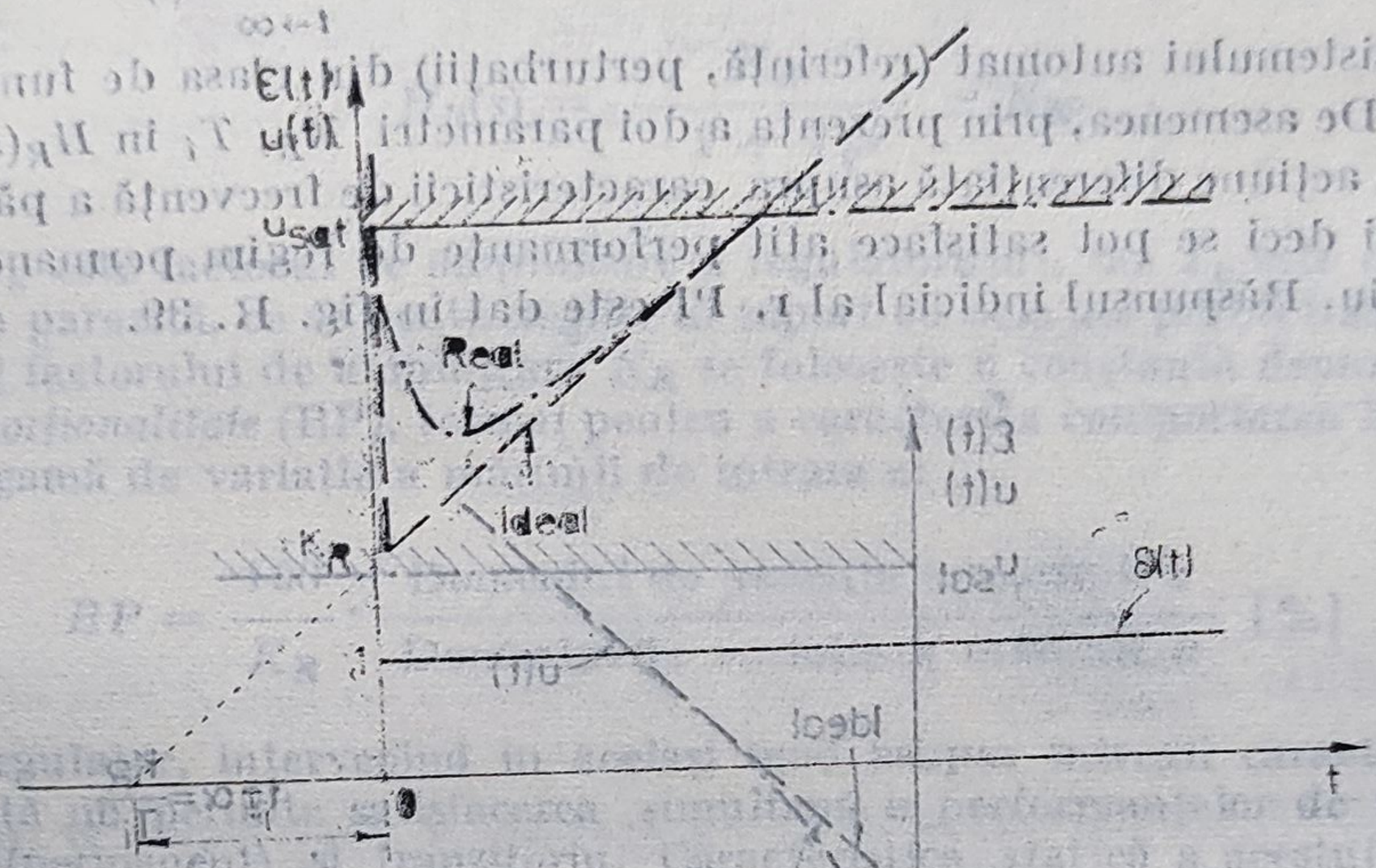


Fig. R.40. Răspunsul indicial al unui regulator *PID*.

rejecția pertubațiilor înlăturarea efectului perturbațiilor (nemăsurabile) asupra mărimii de ieșire cu ajutorul mărimii de comandă. Cînd perturbațiile sînt dintr-o clasă precizată de funcții, **r.p.** revine de fapt la condiția de reglare (→ **problema reglării**), în acest caz apărînd cazul unei rejecții asimptotice. Un caz interesant este acela al rejecției exacte a perturbațiilor. Pentru sistemul liniar (continuu)

$$\dot{x} = Ax + Bu + Ev$$
$$z = Dx$$

în care $v \in \mathbb{R}^e$ reprezintă perturbația, se poate determina legea de comandă

$$u = Fx$$

eventual $u = Fx + Gv$ dacă v este măsurabilă, astfel încît sistemul rezultant

$$\begin{bmatrix} \dot{x} = (A + BF)x + Ev \\ z = Dx \end{bmatrix}$$

respectiv

$$\begin{bmatrix} \dot{x} = (A + BF)x + (E + BG)v \\ z = Dx \end{bmatrix}$$

îndeplinind $x(0) = 0$, să se comporte astfel încît

$$z(t) = 0, \quad \forall\, t \geq 0$$

pentru orice perturbație v. Aceasta revine la faptul că matricea de transfer de la v la z

$$T(s) = D(sI - A - BF)^{-1}E$$

respectiv

$$T(s) = D(sI - A - BF)^{-1}(E + BG)$$

să fie identic nulă, $T(s) \equiv 0$. Problema de rejecție exactă a perturbațiilor se poate combina cu problemele de stabilizare, reglare sau chiar de alocare.

relație de echivalență, relație binară între două elemente $a \in A$, $b \in B$, unde A și B sînt mulțimi, iar elementul obținut prin relația R, care se notează aRb, aparține unei submulțimi a produsului cartezian $A \times B$ și care se bucură de proprietățile de reflexivitate (aRa), de simetrie (dacă a_1Ra_2, atunci a_2Ra_1) și tranzitivitate (dacă a_1Ra_2 și a_2Ra_3, atunci a_1Ra_3). Orice relație de echivalență R pe o mulțime A determină o partiție a lui A (și reciproc, orice partiție a lui A determină o relație de echivalență în A). Submulțimile care alcătuiesc această partiție se numesc clase de echivalență în raport cu R. Mulțimea formată din clasele de echivalență în raport cu R se numește mulțimea cît a lui E prin R și se notează E/R.

releu, element de automatizare cu o caracteristică neliniară, la care mărimea de ieșire variază brusc (în salt) atunci cînd mărimea de intrare, variind în mod continuu, ajunge o valoare prescrisă, numită valoare de acționare (fig. R. 41). Variația mărimii de intrare este continuă (analogică), în timp ce

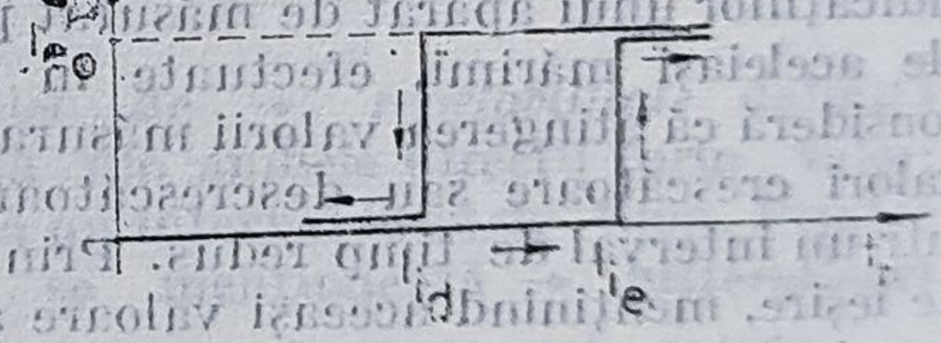


Fig. R.41. Caracteristica intrare-ieșire a unui releu: I_i — curent de intrare; I_{ie} — valoare de excitare; I_{id} — valoare de dezexcitare; I_e — curent de ieșire.

variația mărimii de ieșire este discretă (logică), putînd lua doar două valori cărora li se asociază simbolurile logice 0 și 1 (de ex., $I_e = 0$ sau $I_e = I_{e0} = 1$). Din acest motiv r. sînt utilizate în schemele de automatizare discretă, de tip combinațional sau secvențial. O altă clasă de aplicații o constituie utilizarea r. în reglarea bipozițională a proceselor industriale. Clasificarea r. se face pe baza următoarelor criterii:

a) după natura mărimii de intrare: r. *de mărimi electrice* (r. de curent, de tensiune, de frecvență, de putere, de impedanță etc.); r. *de mărimi neelectrice* (r. de presiune, de temperatură, mecanice, de debit etc.);

b) după modul de realizare a sultului în circuitul de ieșire: r. *cu contacte*; r. *fără contacte* (statice), realizate cu componente electrice;

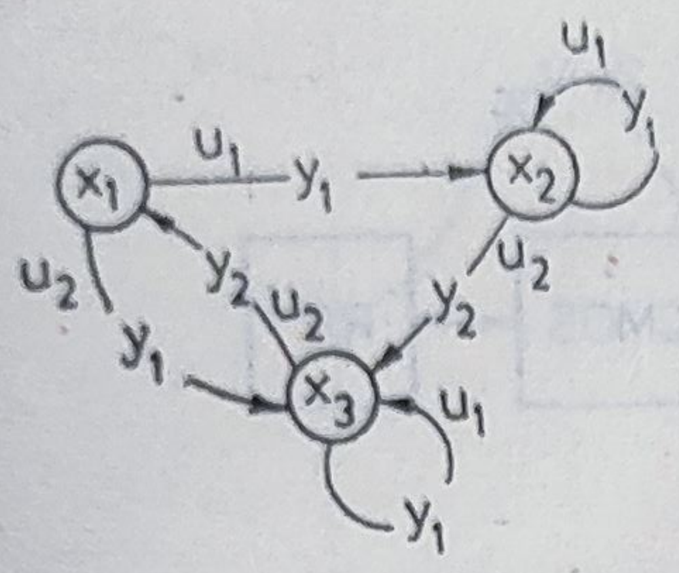
c) după sensul de variație a mărimii de intrare în momentul acționării: r. *maximale* (de maximum) a căror acționare se produce atunci cînd mărimea de intrare (de ex., curentul) depășește o anumită valoare maximă; r. *minimale* (de minimum) a căror acționare se produce atunci cînd mărimea de intrare (de ex., tensiunea) scade sub o valoare minimă; r. *direcționale* (de sens) a

căror acţionare se produce atunci cînd mărimea de intrare (de ex., puterea) are un anumit sens de circulaţie (pozitiv sau negativ);
d) după principiul de funcţionare, r. de mărimi electrice se împart în: r. electromagnetice, magnetoelectrice, electrodinamice, de inducţie, electrotermice etc. e) după domeniul de aplicare: r. *de protecţie;* r. *de automatizare;* r. *telefonice;*
f) după mărimea intervalului de timp între momentul atingerii valorii de acţionare şi momentul basculării: r. *instantanee,* la care intervalul de timp considerat este practic nul; r. *temporizate,* la care acest interval de timp are o anumită valoare (de ex. în gama 0,5 s. — 5 h).
Caracteristicile r. sînt date, în principal, de următoarele mărimi: natura fizică şi parametrii mărimii de intrare (de excitare); puterea absorbită la intrare pentru ca releul să acţioneze; curentul (puterea) admis de contacte în circuitul de ieşire (curent de închidere, curent de durată, curent de rupere); factorul de revenire; numărul de acţionări ale releului, fără ca el să se defecteze; numărul, tipul şi poziţia contactelor. Independent de domeniul în care se folosesc, funcţiile obişnuite ale r. de diverse tipuri sînt următoarele: funcţia de măsurare sau control (în special la r. de protecţie), funcţia de amplificare (în putere), funcţia de multiplicare a numărului de circuite comandate de la un singur circuit (în special la r. intermediare), funcţia de temporizare (la r. de timp), funcţia de semnalizare şi funcţia de reglare (la r. polarizate, la amplificatoarele comparatoare ce sesizează existenţa erorii). În schemele logice r. materializează o variabilă de stare sau de ieşire a unui automat. Acţionarea r. se face prin punerea sub tensiune a înfăşurării de comandă prin intermediul unui dipol care realizează funcţia logică de comandă a r., şi în care intervin elemente de comandă corespunzătoare variabilelor de intrare; butoane, limitatoare etc. şi variabile de stare sau ieşire materializate prin contacte ale r. respective.

repetabilitate, noţiune prin care se exprimă gradul de coincidenţă a indicaţiilor unui aparat de măsurat pentru un număr de măsurări consecutive ale aceleiaşi mărimi, efectuate în condiţii identice. Pentru definirea r. se consideră că atingerea valorii măsurate se face din aceeaşi direcţie (numai prin valori crescătoare sau descrescătoare) şi măsurările repetate se încadrează într-un interval de timp redus. Prin referire la valorile pe care le ia mărimea de ieşire, menţinînd aceeaşi valoare a intrării, noţiunea de r. poate fi extinsă la oricare dintre elementele componente ale echipamentelor de automatizare. În cazul sistemelor de reglare automată. r. constituie pentru multe aplicaţii una dintre cele mai importante caracteristici întrucît ea exprimă capacitatea buclei de a menţine ieşirea la valori grupate într-un domeniu restrîns în raport cu valoarea prescrisă.

reprezentarea automatelor finite, mod de caracterizare a comportării unui automat, care se poate realiza prin mai multe metode: a) *diagrama stărilor* (graful automatului) este un graf în care fiecare nod reprezintă o stare, iar un arc între două noduri este denumit prin simbolul din alfabetul de intrare care produce tranziţia dintr-o stare în alta, precum şi prin tranziţia corespunzătoare (fig. R. 42). Oricărui automat i se asociază un graf unic. Pentru automatele de tip Moore fiecare stare are asociată şi ieşirea, iar pe arc se marchează doar simbolul din alfabetul de intrare; b) *tabele de tranziţie ale stărilor şi ieşirii* sînt reprezentări ale funcţiei de tranziţie şi de ieşire. Pentru graful de la punctul a), cele două tabele sînt date în fig. R. 43; ambele tabele se pot reprezenta într-o tabelă unică(fig. R. 44); c) *matrici booleene şi vectori ai ieşirii;* se marchează de fapt diagrama stărilor prin matrici în care 1 re-

prezintă trecerea de la o stare la alta, sub influența unui simbol de intrare care caracterizează matricea. Ieșirile se prezintă ca vectori. Pentru automatul descris la punctele a), b), există matricile din fig. R. 45.



$u_1, u_2 \in U$
$x_1, x_2, x_3 \in X$
$y_1, y_2 \in Y$

Fig. R.42. Graful asociat unui automat.

φ	x_1	x_2	x_3
u_1	x_2	x_2	x_3
u_2	x_3	x_3	x_1

η	x_1	x_2	x_3
u_1	y_1	y_1	y_1
u_2	y_1	y_2	y_2

Fig. R.43. Tabele de tranziție a stărilor și ieșirilor.

	x_1	x_2	x_3
u_1	x_2y_1	x_2y_1	x_3y_1
u_2	x_3y_1	x_3y_2	x_1y_2

Fig. R.44. Tabela unică de tranziție.

$$\begin{array}{c} \\ x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} x_1 & x_2 & x_3 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{array} \qquad \begin{array}{c} \\ x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} x_1 & x_2 & x_3 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

Matricea a_1 — Matricea a_2

Vector a_1 $\begin{array}{ccc} x_1 & x_2 & x_3 \\ [y_1 & y_1 & y_1] \end{array}$ Vector a_2 $\begin{array}{ccc} x_1 & x_2 & x_3 \\ [y_1 & y_2 & y_2] \end{array}$

Fig. R.45. Reprezentarea matricială a stărilor.

reproductibilitate, noțiune similară celei de → *repetabilitate* definită însă pentru apropierea de valoarea măsurată din ambele direcții (prin valori crescătoare sau descrescătoare) și raportată la un interval lung de timp. Printre principalii factori care condiționează **r.** se menționează → **histerezisul**

restabilirea *(la automate)* → **proprietăți de conexiune** a automatelor.

reversibilitate *(la automate)* → **proprietăți de conexiune** a automatelor.

rezervare automată, procedură de asigurare a unei fiabilități înalte a unui sistem de reglare numerică, care constă din detectarea automată a defectării unui regulator primar (de bază) sau a căderii tensiunii sale de alimentare, anunțarea căderii operatorului și comutarea automată, într-un timp cît mai scurt, a funcțiilor de reglare a procesului asupra unui regulator de rezervă, identic cu cel de bază. **R.a.** presupune unul sau mai multe regulatoare de rezervă *RR* și un sistem de comandă a rezervării, *SCR*, care are rolul de a conecta, în sistemul de reglare neîntreruptă, unul sau mai multe regulatoare primare *RP* (fig. R. 46) în vederea rezervării. Într-un sistem distribuit de reglare numerică, fiecare *RP* (construit cu microprocesor) conține o zonă de memorie *RAM* nevolatilă, alimentată în tampon de la baterie; această memorie, cu consum energetic redus (de tip *CMOS*) asigură o duplicare a informației din memoria de lucru a *RP* prin reactualizarea ciclică a conținutului său cu date vitale pentru proces. Pe durata comutării în rezervare a unui *RP* (în cazul: căderii tensiunii sale de alimentare, a unor erori logice și de calcul

aritmetic ale microprocesorului, a accesului defectuos la memoria program și de lucru sau a expirării timpului/ciclu de bază, programat de microprocesor și obținut de la ceas de timp real) *SCR* transferă datele importante (valori de

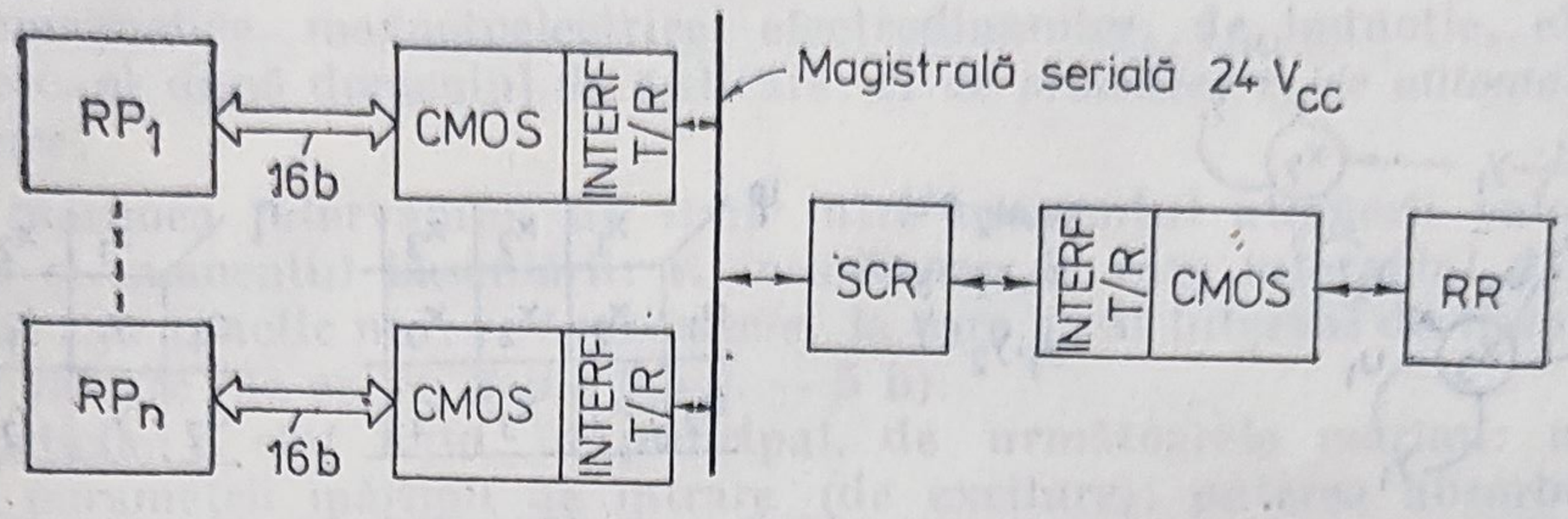


Fig. R.46. Schemă de rezervare automată.

referință, ieșiri către proces, moduri de operare, parametri de acordare) din memoria *CMOS* a *RP* căzut în aceea a *RR*. Aceasta permite ca reglarea automată să continue la fel ca înainte de căderea *RR*, fără întrerupere. Secvența de comutare în rezervare se execută într-un sistem de reglare distribuit în care *RP* comunică date pe o magistrală serială unică, conform etapelor: a) variabilele din proces, locale și de la distanță, se transferă asupra *RR*; b) interfața cu magistrala serială a *RP* defect este dezactivată; c) conținutul memoriei nevolatile a *RP* defect este transferat în memoria nevolatilă a *RR*; d) conținutul memoriei nevolatile a *RR* este transferat în memoria sa *RAM* de lucru (*RR* este pornit); e) se deconectează de la proces ieșirile *RP* defect și se conectează la proces ieșirile *RR*; f) se atribuie *RR* adresa pe magistrala serială unică a *RP* defectat și se activează interfața *RR* cu magistrala.

rezoluție, cea mai mică variație a mărimii de intrare care poate fi detectată și discriminată la ieșirea unui aparat de măsurat, a unui traductor sau dispozitiv de automatizare. Pentru aparatele de măsurat **r.** este exprimată adesea ca fiind acea variație a mărimii de măsurat care determină o variație a indicației cel puțin egală cu eroarea de citire (de ex., 1/3 sau 1/2 dintr-o diviziune a scării). Sînt utilizate în mod curent denumirile de **r.** fină și **r.** grosieră în funcție de mărimea variației respective raportată la întinderea scării. Făcînd abstracție de eroarea de citire, există aparate de măsurat care au **r.** infinită — adică, pentru intrare variind continuu; o creștere oricît de mică este transmisă la ieșire. Altele se caracterizează prin aceea că numai de la depășirea unei limite de variație a intrării se obține o modificare sesizabilă la ieșire. Primul caz corespunde în principiu aparatelor analogice, iar cel de-al doilea celor numerice. În echipamentele numerice de colectare de date în cadrul cărora fie intrarea, fie ieșirea apar sub formă numerică, **r.** este determinată de numărul de cifre zecimale folosit pentru exprimarea mărimilor respective. Pentru astfel de echipamente **r.** se definește ca fiind valoarea corespunzătoare modificării cu o unitate a cifrei din rangul cel mai puțin semnificativ. De ex. la un convertor numeric-analogic semnalul analogic de ieșire poate lua numai un număr finit de valori discrete, corespunzător intrării care variază discret prin însăși forma sa de reprezentare numerică. În mod asemănător, ieșirea unui convertor analog-numeric, datorită operației de cuantizare, are un caracter discret, deși semnalul analogic de la intrare variază continuu.

rezonanță, fenomen prezentat de un sistem dinamic, caracterizat prin amplificarea unei pulsații din spectrul semnalului de intrare, în raport cu celelalte pulsații ale acestuia. Prezența unui maxim în caracteristica modul

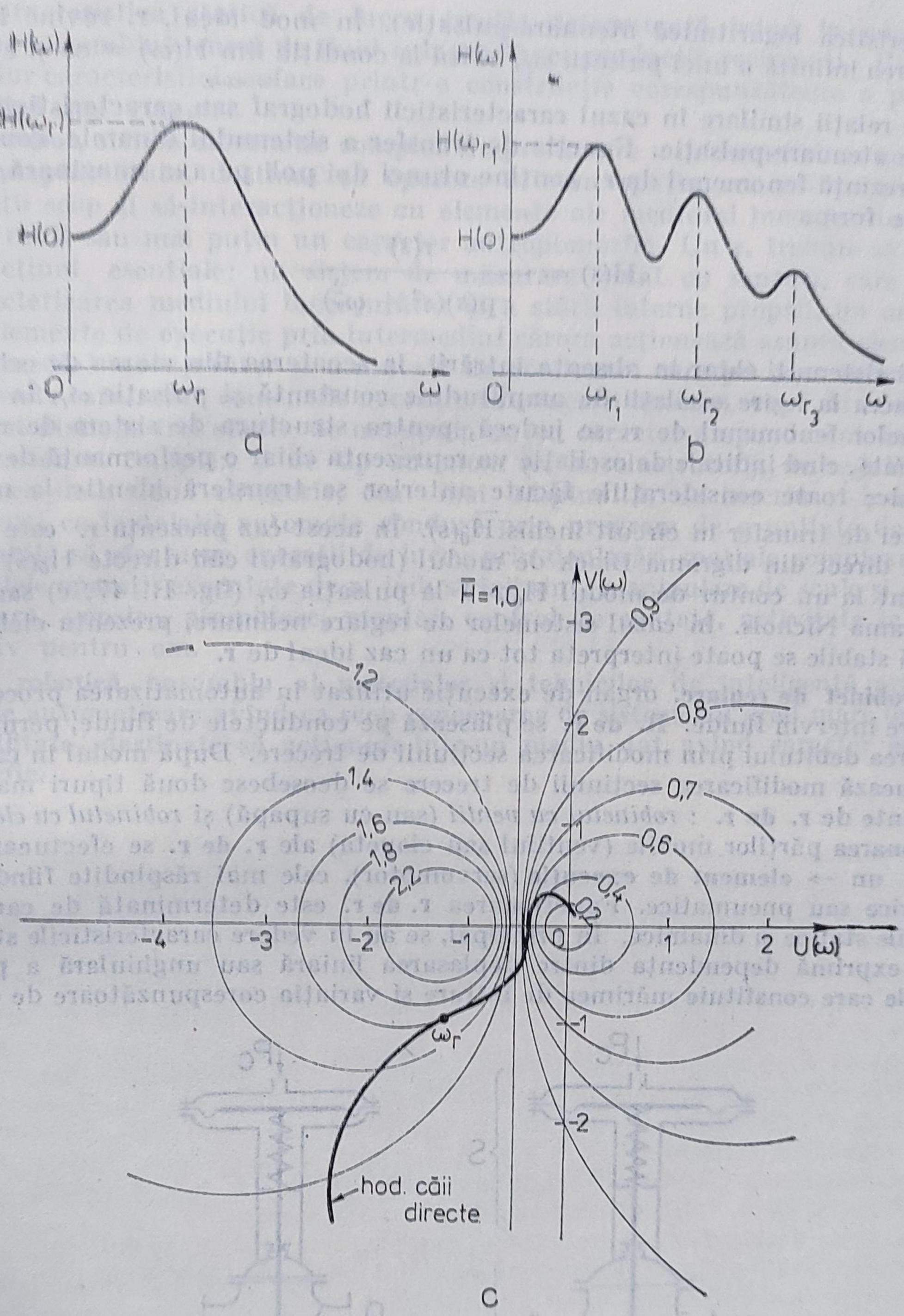


Fig. R.47. Interpretarea geometrică a fenomenului de rezonanță.

$|H(j\omega)| = H(\omega)$ indică fenomenul de **r.** (fig. R.47, a). Pulsația ω_r, la care apare acest maxim se numește → **pulsație de r.**, iar valoarea maximă $H(\omega_r)$ (eventual relativizată prin $H(0)$) → **indice de oscilație** al sistemului dinamic. **R.** poate fi prezentă pe mai multe pulsații, caz în care caracteristica modul va conține mai multe maxime, indicele de oscilație asociindu-se celui mai mare maxim (fig. R. 47, b). Fenomenul de **r.** al unui sistem dinamic este vizibil și în celelalte caracteristici de frecvență (de ex. prin prezența unor maxime în

caracteristica logaritmică atenuare-pulsaţie). În mod ideal, **r.** revine la amplificarea infinită a unei pulsaţii ω_r, adică la condiţia $\lim_{\omega \to \omega_r} H(\omega) = \infty$ şi evident a unor relaţii similare în cazul caracteristicii hodograf sau caracteristicii logaritmice atenuare-pulsaţie. Funcţia de transfer a sistemului dinamic, continuu, care prezintă fenomenul de **r.** conţine atunci doi poli pe axa imaginară, adică este de forma

$$H(s) = \frac{r(s)}{p(s)(s^2 + \omega_r^2)}$$

şi deci sistemul, chiar în absenţa intrării, la scoaterea din starea de echilibru va genera la ieşire oscilaţii de amplitudine constantă şi pulsaţie ω_r. În teoria sistemelor fenomenul de **r.** se judecă, pentru structura de sistem de reglare automată, cînd indicele de oscilaţie va reprezenta chiar o performanţă de regim dinamic; toate consideraţiile făcute anterior se transferă identic la nivelul funcţiei de transfer în circuit închis $\overline{H}_0(s)$. În acest caz prezenţa **r.** este sesizabilă direct din digrama Black de modul (hodograful căii directe $H_b(s)$ fiind tangent la un contur de modul $H_0 > 1$ la pulsaţia ω_r (fig. R. 47, c) sau din diagrama Nichols. În cazul sistemelor de reglare neliniare, prezenţa ciclurilor limită stabile se poate interpreta tot ca un caz ideal de **r.**

robinet de reglare, organ de execuţie utilizat în automatizarea proceselor în care intervin fluide. **R. de r.** se plasează pe conductele de fluide, permiţînd varierea debitului prin modificarea secţiunii de trecere. După modul în care se efectuează modificarea secţiunii de trecere se deosebesc două tipuri mai importante de **r. de r.** : *robinetul cu ventil* (sau cu supapă) şi *robinetul cu clapetă*. Acţionarea părţilor mobile (ventilul sau clapeta) ale **r. de r.** se efectuează de către un → **element de execuţie** (servomotor), cele mai răspîndite fiind cele electrice sau pneumatice. Funcţionarea **r. de r.** este determinată de caracteristicile statice şi dinamice. În principal, se au în vedere caracteristicile statice care exprimă dependenţa dintre deplasarea liniară sau unghiulară a părţii mobile care constituie mărimea de intrare şi variaţia corespunzătoare de debit

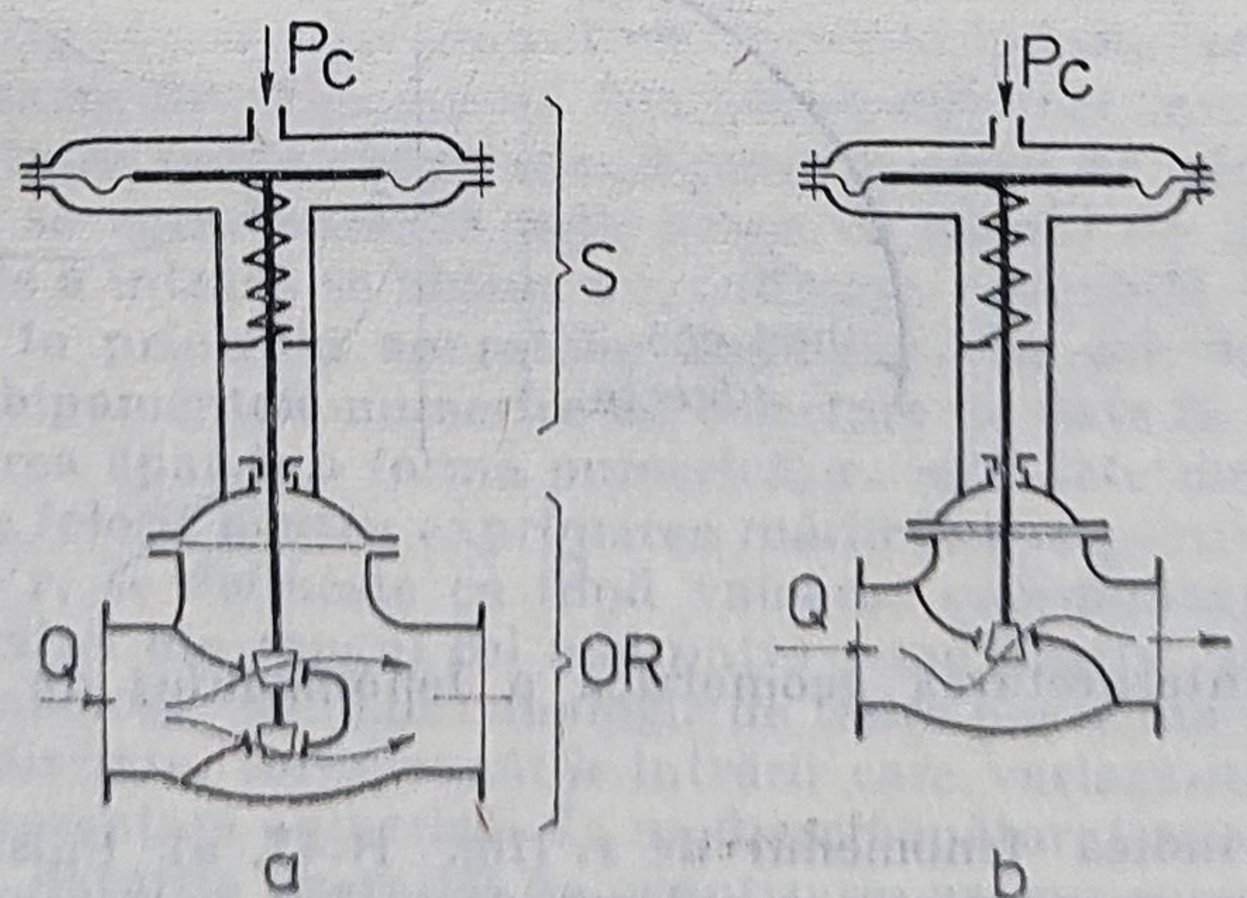


Fig. R.48. Structuri de robinete de reglare.

reprezentînd mărimea de ieşire. Caracteristicile statice ale **r. de r.** se exprimă în două variante: a) caracteristica statică intrinsecă sau constructivă, care exprimă comportarea robinetului fără a ţine seama de influenţa conductei;

b) caracteristica statică de lucru (reală) determinată luînd în considerare întreg ansamblul: sursă de fluid sub presiune, conductă, recipienţi. Realizarea acestor caracteristici se face printr-o construcţie corespunzătoare a profilului supapei sau clapetei.

robot, sistem cibernetic complex de prelucrare a informaţiei cu grad mare de adaptabilitate, destinat să opereze într-un spaţiu concret potrivit unei funcţii scop şi să interacţioneze cu elemente ale mediului înconjurător, avînd mai mult sau mai puţin un caracter antropomorfic. Un **r.** trebuie să conţină 3 secţiuni esenţiale: un sistem de măsurare dotat cu senzori, care asigură caracterizarea mediului înconjurător şi a stării interne proprii, un ansamblu de elemente de execuţie prin intermediul cărora acţionează asupra elementelor din mediul înconjurător şi o unitate de conducere care pe baza informaţiilor obţinute furnizează comenzile necesare satisfacerii funcţiei scop. În evoluţia **r.** se pot distinge trei stadii: de manipulator (cu caracter preponderent mecanic), de automat complex şi de tip autonom (**r.** autoinstruibil), de regulă mobil. În cea de-a doua categorie, cea mai răspîndită, se înscriu **r.** industriali, definiţi ca instalaţii automate conduse prin program de o unitate de calcul, capabilă să efectueze operaţii de lucru prin deplasări spaţiale complexe. Principalele operaţii executate de **r.** industriali sînt: manipulare de scule şi obiecte, sudură, vopsire, asamblare, montaj, control de calitate, activitate în mediu nociv pentru om.

robotică, ansamblu al metodelor şi tehnicilor de inteligenţă artificială şi de automatizare avînd ca scop conceperea de sisteme cu grad mare de adaptabilitate, destinate să acţioneze într-un mediu dat, avînd caracter antropomorfic.

prezintă trecerea de la o stare la alta, sub influența unui simbol de intrare care caracterizează matricea. Ieșirile se prezintă ca vectori. Pentru automatul descris la punctele a), b), există matricile din fig. R. 45.

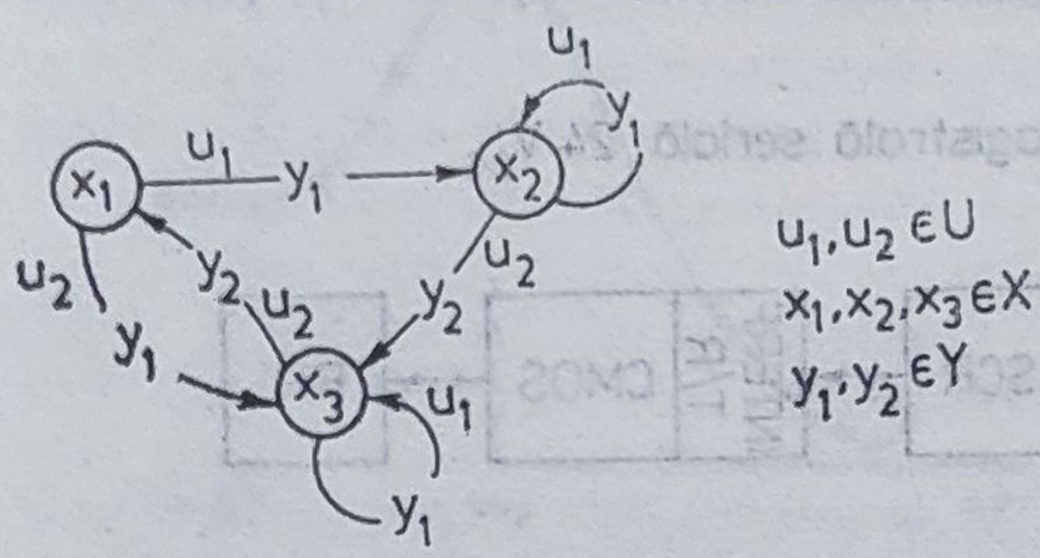


Fig. R.42. Graful asociat unui automat.

φ	x_1	x_2	x_3
u_1	x_2	x_2	x_3
u_2	x_3	x_3	x_1

η	x_1	x_2	x_3
u_1	y_1	y_1	y_1
u_2	y_1	y_2	y_2

Fig. R.43. Tabele de tranziție a stărilor și ieșirilor.

	x_1	x_2	x_3
u_1	x_2y_1	x_2y_1	x_3y_1
u_2	x_3y_1	x_3y_2	x_1y_2

Fig. R.44. Tabela unică de tranziție.

$$\begin{array}{c} \\ x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{array}\begin{array}{c} \begin{array}{ccc} x_1 & x_2 & x_3 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{array} \qquad \begin{array}{c} \\ x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{array}\begin{array}{c} \begin{array}{ccc} x_1 & x_2 & x_3 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

Matricea a_1 — Matricea a_2

Vector a_1 $\begin{array}{ccc} x_1 & x_2 & x_3 \\ [y_1 & y_1 & y_1] \end{array}$ Vector a_2 $\begin{array}{ccc} x_1 & x_2 & x_3 \\ [y_1 & y_2 & y_2] \end{array}$

Fig. R.45. Reprezentarea matricială a stărilor.

reproductibilitate, noțiune similară celei de → *repetabilitate* definită însă pentru apropierea de valoarea măsurată din ambele direcții (prin valori crescătoare sau descrescătoare) și raportată la un interval lung de timp. Printre principalii factori care condiționează **r.** se menționează → **histerezisul**

restabilirea *(la automate)* → **proprietăți de conexiune** a automatelor.

reversibilitate *(la automate)* → **proprietăți de conexiune** a automatelor.

rezervare automată, procedură de asigurare a unei fiabilități înalte a unui sistem de reglare numerică, care constă din detectarea automată a defectării unui regulator primar (de bază) sau a căderii tensiunii sale de alimentare, anunțarea căderii operatorului și comutarea automată, într-un timp cît mai scurt, a funcțiilor de reglare a procesului asupra unui regulator de rezervă, identic cu cel de bază. **R.a.** presupune unul sau mai multe regulatoare de rezervă *RR* și un sistem de comandă a rezervării, *SCR*, care are rolul de a conecta, în sistemul de reglare neîntreruptă, unul sau mai multe regulatoare primare *RP* (fig. R. 46) în vederea rezervării. Într-un sistem distribuit de reglare numerică, fiecare *RP* (construit cu microprocesor) conține o zonă de memorie *RAM* nevolatilă, alimentată în tampon de la baterie; această memorie, cu consum energetic redus (de tip *CMOS*) asigură o duplicare a informației din memoria de lucru a *RP* prin reactualizarea ciclică a conținutului său cu date vitale pentru proces. Pe durata comutării în rezervare a unui *RP* (în cazul: căderii tensiunii sale de alimentare, a unor erori logice și de calcul

aritmetic ale microprocesorului, a accesului defectuos la memoria program şi de lucru sau a expirării timpului/ciclu de bază, programat de microprocesor şi obţinut de la ceas de timp real) *SCR* transferă datele importante (valori de

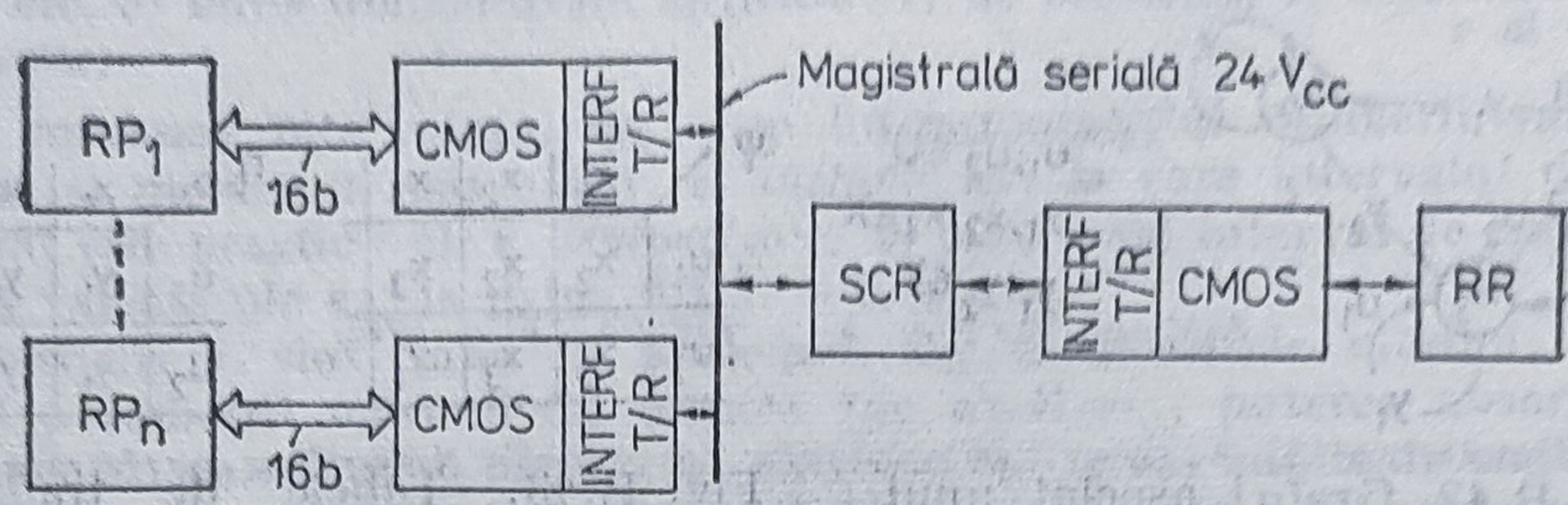


Fig. R.46. Schemă de rezervare automată.

referinţă, ieşiri către proces, moduri de operare, parametri de acordare) din memoria *CMOS* a *RP* căzut în aceea a *RR*. Aceasta permite ca reglarea automată să continue la fel ca înainte de căderea *RR*, fără întrerupere. Secvenţa de comutare în rezervare se execută într-un sistem de reglare distribuit în care *RP* comunică date pe o magistrală serială unică, conform etapelor: a) variabilele din proces, locale şi de la distanţă, se transferă asupra *RR*; b) interfaţa cu magistrala serială a *RP* defect este dezactivată; c) conţinutul memoriei nevolatile a *RP* defect este transferat în memoria nevolatilă a *RR*; d) conţinutul memoriei nevolatile a *RR* este transferat în memoria sa *RAM* de lucru (*RR* este pornit); e) se deconectează de la proces ieşirile *RP* defect şi se co-(ectează la proces ieşirile *RR*; f) se atribuie *RR* adresa pe magistrala serială unică a *RP* defectat şi se activează interfaţa *RR* cu magistrala.

rezoluţie, cea mai mică variaţie a mărimii de intrare care poate fi detectată şi discriminată la ieşirea unui aparat de măsurat, a unui traductor sau dispozitiv de automatizare. Pentru aparatele de măsurat **r.** este exprimată adesea ca fiind acea variaţie a mărimii de măsurat care determină o variaţie a indicaţiei cel puţin egală cu eroarea de citire (de ex., 1/3 sau 1/2 dintr-o diviziune a scării). Sînt utilizate în mod curent denumirile de **r.** fină şi **r.** grosieră în funcţie de mărimea variaţiei respective raportată la întinderea scării. Făcînd abstracţie de eroarea de citire, există aparate de măsurat care au **r.** infinită — adică, pentru intrare variind continuu, o creştere oricît de mică este transmisă la ieşire. Altele se caracterizează prin aceea că numai de la depăşirea unei limite de variaţie a intrării se obţine o modificare sesizabilă la ieşire. Primul caz corespunde în principiu aparatelor analogice, iar cel de-al doilea celor numerice. În echipamentele numerice de colectare de date în cadrul cărora fie intrarea, fie ieşirea apar sub formă numerică, **r.** este determinată de numărul de cifre zecimale folosit pentru exprimarea mărimilor respective. Pentru astfel de echipamente **r.** se defineşte ca fiind valoarea corespunzătoare modificării cu o unitate a cifrei din rangul cel mai puţin semnificativ. De ex. la un convertor numeric-analogic semnalul analogic de ieşire poate lua numai un număr finit de valori discrete, corespunzător intrării care variază discret prin însăşi forma sa de reprezentare numerică. În mod asemănător, ieşirea unui convertor analog-numeric, datorită operaţiei de cuantizare, are un caracter discret, deşi semnalul analogic de la intrare variază continuu.

rezonanţă, fenomen prezentat de un sistem dinamic, caracterizat prin amplificarea unei pulsaţii din spectrul semnalului de intrare, în raport cu celelalte pulsaţii ale acestuia. Prezenţa unui maxim în caracteristica modul

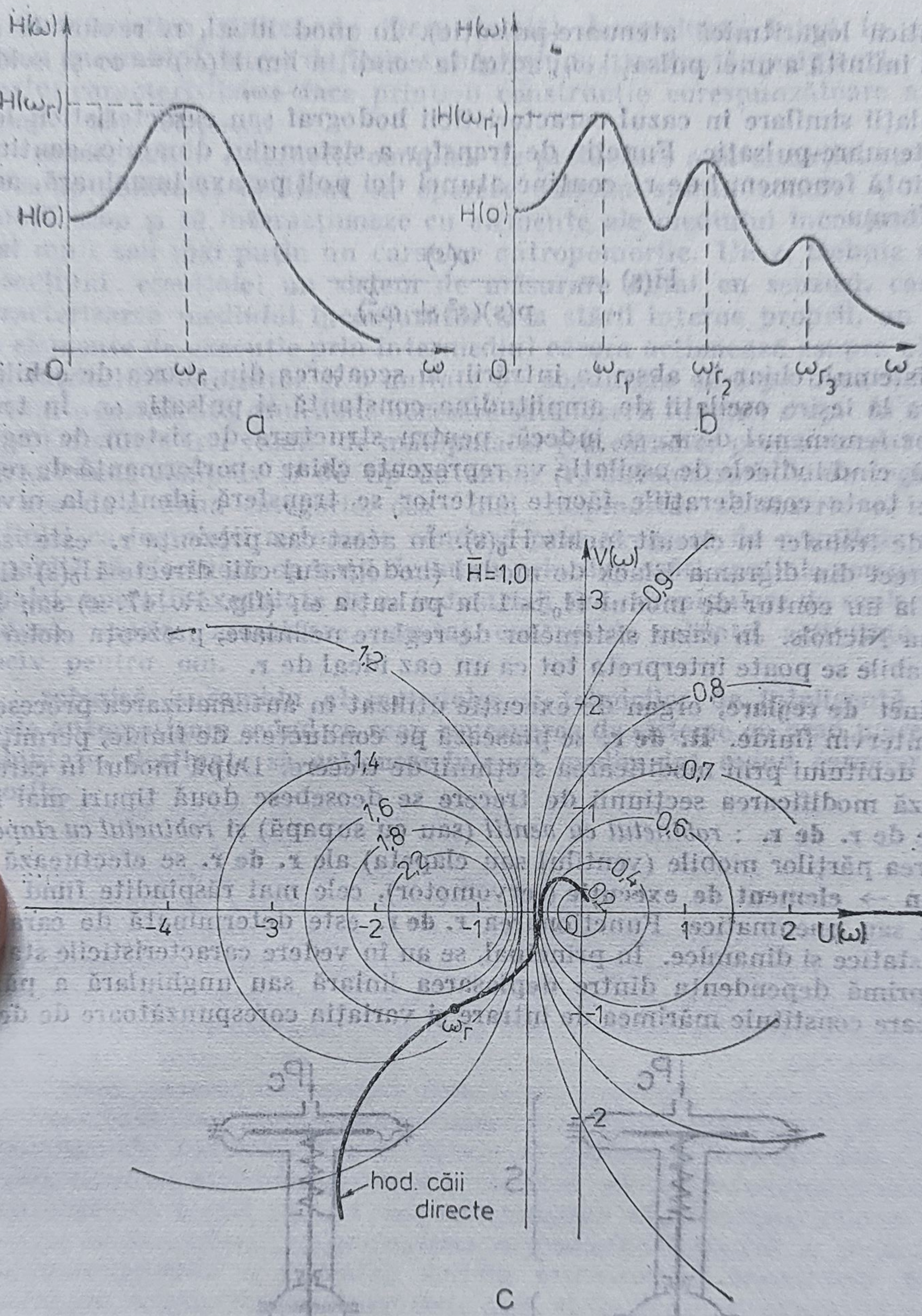


Fig. R.47. **Interpretarea geometrică a fenomenului de rezonanță.**

$|H(j\omega)| = H(\omega)$ indică fenomenul de **r.** (fig. R.47, a). Pulsația ω_r, la care apare acest maxim se numește → **pulsație de r.**, iar valoarea maximă $H(\omega_r)$ (eventual relativizată prin $H(0)$) → **indice de oscilație** al sistemului dinamic. **R.** poate fi prezentă pe mai multe pulsații, caz în care caracteristica modul va conține mai multe maxime, indicele de oscilație asociindu-se celui mai mare maxim (fig. R. 47, b). Fenomenul de **r.** al unui sistem dinamic este vizibil și în celelalte caracteristici de frecvență (de ex. prin prezența unor maxime în

caracteristica logaritmică atenuare-pulsaţie). În mod ideal, **r.** revine la amplificarea infinită a unei pulsaţii ω_r, adică la condiţia $\lim_{\omega \to \omega_r} H(\omega) = \infty$ şi evident a unor relaţii similare în cazul caracteristicii hodograf sau caracteristicii logaritmice atenuare-pulsaţie. Funcţia de transfer a sistemului dinamic, continuu, care prezintă fenomenul de **r.** conţine atunci doi poli pe axa imaginară, adică este de forma

$$H(s) = \frac{r(s)}{p(s)(s^2 + \omega_r^2)}$$

şi deci sistemul, chiar în absenţa intrării, la scoaterea din starea de echilibru va genera la ieşire oscilaţii de amplitudine constantă şi pulsaţie ω_r. În teoria sistemelor fenomenul de **r.** se judecă, pentru structura de sistem de reglare automată, cînd indicele de oscilaţie va reprezenta chiar o performanţă de regim dinamic; toate consideraţiile făcute anterior se transferă identic la nivelul funcţiei de transfer în circuit închis $\overline{H}_0(s)$. În acest caz prezenţa **r.** este sesizabilă direct din digrama Black de modul (hodograful căii directe $H_b(s)$ fiind tangent la un contur de modul $H_0 > 1$ la pulsaţia ω_r (fig. R. 47, c) sau din diagrama Nichols. În cazul sistemelor de reglare neliniare, prezenţa ciclurilor limită stabile se poate interpreta tot ca un caz ideal de **r.**

robinet de reglare, organ de execuţie utilizat în automatizarea proceselor în care intervin fluide. **R. de r.** se plasează pe conductele de fluide, permiţînd varierea debitului prin modificarea secţiunii de trecere. După modul în care se efectuează modificarea secţiunii de trecere se deosebesc două tipuri mai importante de **r. de r.** : *robinetul cu ventil* (sau cu supapă) şi *robinetul cu clapetă.* Acţionarea părţilor mobile (ventilul sau clapeta) ale **r. de r.** se efectuează de către un → **element de execuţie** (servomotor), cele mai răspîndite fiind cele electrice sau pneumatice. Funcţionarea **r. de r.** este determinată de caracteristicile statice şi dinamice. În principal, se au în vedere caracteristicile statice care exprimă dependenţa dintre deplasarea liniară sau unghiulară a părţii mobile care constituie mărimea de intrare şi variaţia corespunzătoare de debit

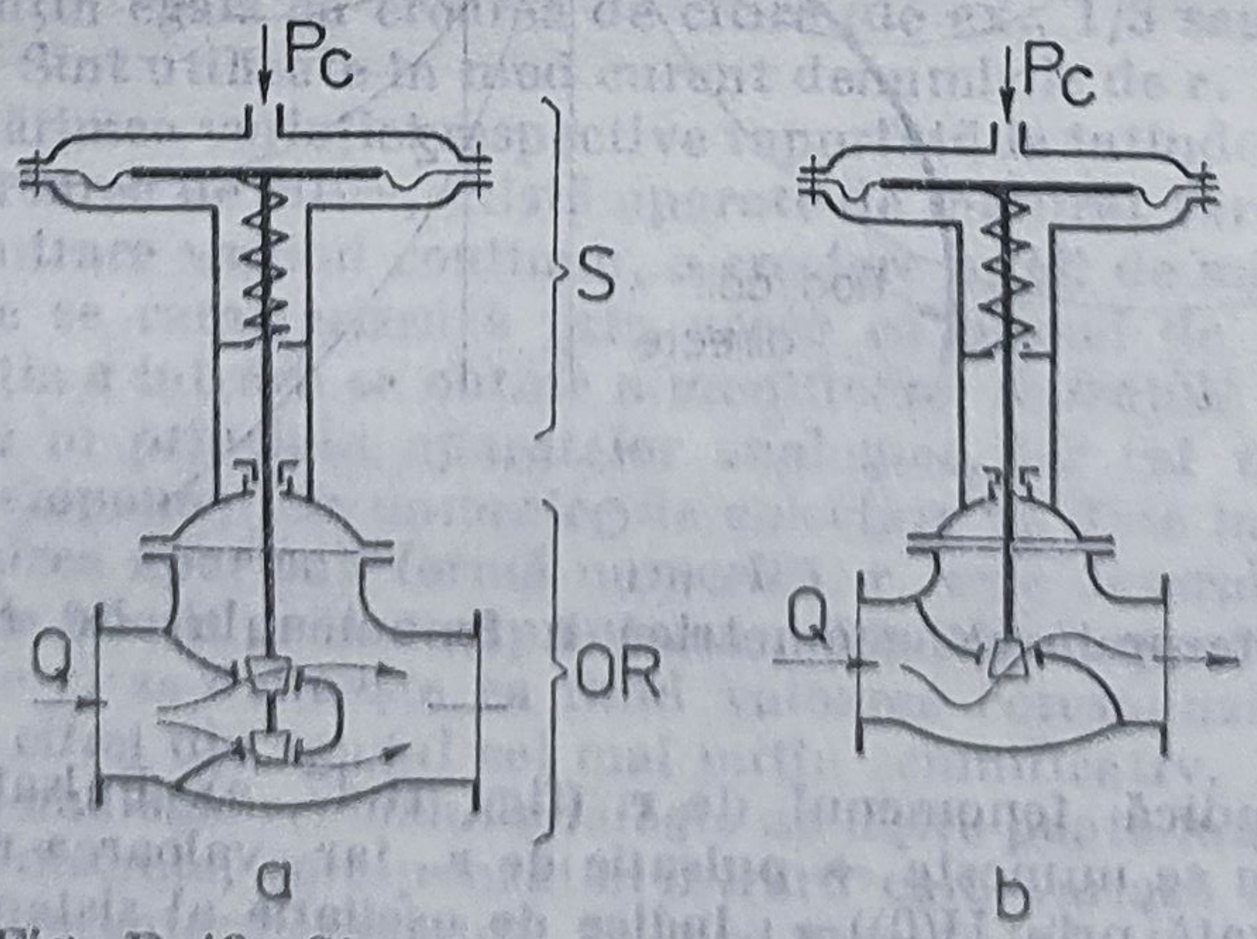


Fig. R.48. Structuri de robinete de reglare.

reprezentînd mărimea de ieşire. Caracteristicile statice ale **r. de r.** se exprimă în două variante: a) caracteristica statică intrinsecă sau constructivă, care exprimă comportarea robinetului fără a ţine seama de influenţa conductei;

b) caracteristica statică de lucru (reală) determinată luînd în considerare întreg ansamblul: sursă de fluid sub presiune, conductă, recipienţi. Realizarea acestor caracteristici se face printr-o construcţie corespunzătoare a profilului supapei sau clapetei.

robot, sistem cibernetic complex de prelucrare a informaţiei cu grad mare de adaptabilitate, destinat să opereze într-un spaţiu concret potrivit unei funcţii scop şi să interacţioneze cu elemente ale mediului înconjurător, avînd mai mult sau mai puţin un caracter antropomorfic. Un **r.** trebuie să conţină 3 secţiuni esenţiale: un sistem de măsurare dotat cu senzori, care asigură caracterizarea mediului înconjurător şi a stării interne proprii, un ansamblu de elemente de execuţie prin intermediul cărora acţionează asupra elementelor din mediul înconjurător şi o unitate de conducere care pe baza informaţiilor obţinute furnizează comenzile necesare satisfacerii funcţiei scop. În evoluţia **r.** se pot distinge trei stadii: de manipulator (cu caracter preponderent mecanic), de automat complex şi de tip autonom (**r.** autoinstruibil), de regulă mobil. În cea de-a doua categorie, cea mai răspîndită, se înscriu **r.** industriali, definiţi ca instalaţii automate conduse prin program de o unitate de calcul, capabilă să efectueze operaţii de lucru prin deplasări spaţiale complexe. Principalele operaţii executate de **r.** industriali sînt: manipulare de scule şi obiecte, sudură, vopsire, asamblare, montaj, control de calitate, activitate în mediu nociv pentru om.

robotică, ansamblu al metodelor şi tehnicilor de inteligenţă artificială şi de automatizare avînd ca scop conceperea de sisteme cu grad mare de adaptabilitate, destinate să acţioneze într-un mediu dat, avînd caracter antropomorfic.

S

saturaţie neliniaritate statică tipică, de tipul celei prezentate în fig. S.1, în care u_1, respectiv u_2, se numeşte *prag de* **s.**, iar y_1, respectiv y_2, nivel de **s.** **S.** poate să fie nesimetrică şi crespunde unei funcţionalităţi într-o plajă li-

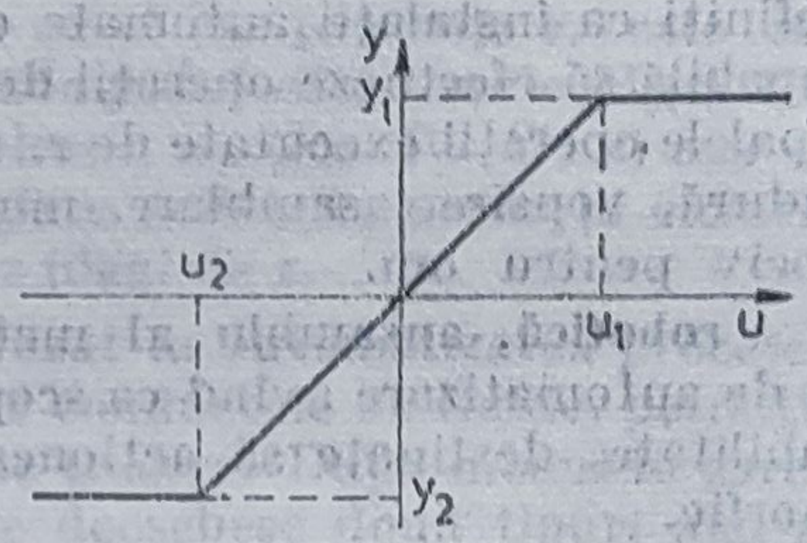


Fig. S.1. Neliniaritate statică de tip saturaţie

mitată pentru mărimile unui sistem. Prezenţa unui sistem cu **s.** într-o structură oarecare, conferă caracter de sistem neliniar întregului ansamblu.

schemă bloc, reprezentare grafică generală prin care se evidenţiază principalele blocuri constitutive ale unui sistem (proces, instalaţie, echipament) cu conexiunile dintre ele. Pentru exemplificare **s.b.** a → **sistemului automat.** Este de remarcat că blocurile reprezintă elemente funcţionale fără a reflecta aspecte constructive.

schemă de principiu, reprezentare grafică a unui echipament, instalaţie sau agregat cuprinzînd elementele componente şi conexiunile dintre acestea reprezentate prin simboluri specifice care reflectă principial atît funcţiunile cît şi realizările constructive. În fig. S.1, *a* sînt reprezentate semnele convenţionale pentru elemente de automatizare iar în fig. S.1, *b* exemple de alcătuire a **s. de p.** folosind aceste semne convenţionale.

schemă desfăşurată, reprezentare grafică detaliată a circuitelor unui echipament sau instalaţie electrică în care slnt cuprinse toate legăturile între aparatele şi dispozitivele componente în ordinea lor funcţională.

schemă logică, 1. reprezentare grafică a unui algoritm, destinată programării şi documentării acesteia. În **s.l.** se utilizează simboluri de reprezentare, numite uneori blocuri, care descriu tipul de acţiune: start, stop, intrare, ieşire, prelucrare, decizie etc. 2. model fizic pentru realizarea unui set de funcţii logice.

schemă logică combinaţională, model fizic pentru realizarea unui set de funcţii booleene

$$y_i = f_i(x_1, x_2, \ldots, x_m), \qquad i = 1, 2, \ldots, n$$

la care setul de ieşire Y este complet determinat cînd se cunosc combinaţiile variabilelor de intrare.

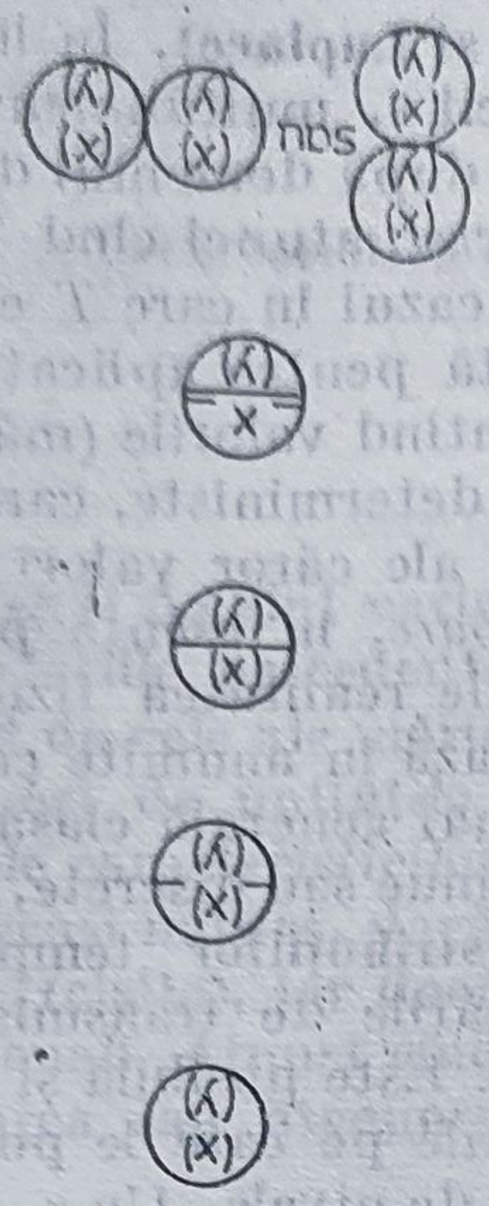


Fig. S.1,a. Semne convenţionale.

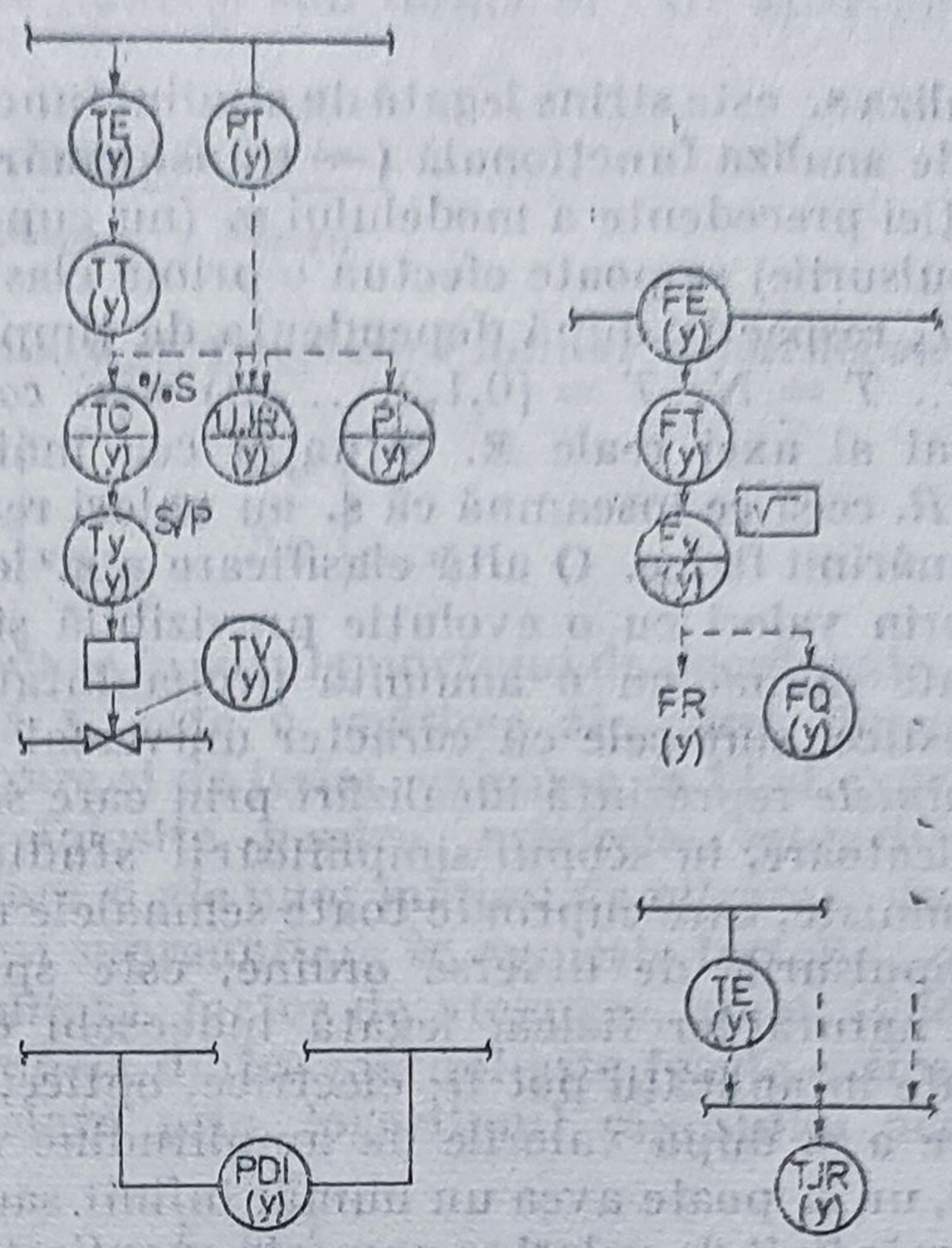


Fig. S.1, b. Exemple de alcătuire a schemelor de principiu.

schemă logică secvenţială, model fizic pentru realizarea unui set de funcţii booleene la care setul de ieşire nu depinde numai de setul de intrare ci şi de evoluţia în timp a stărilor (→ **automat**).

schimbarea automată a sculei, subprogram propriu maşinilor unelte dotate cu comandă numerică, ce generează un ansamblu de comenzi într-o succesiune fixă, ce au ca scop înlocuirea sculei aşchietoare în timp ce programul de prelucrare este activat. Cele mai răspîndite sînt sistemele la care se schimbă numai scula din arborele principal, prin intermediul următoarelor elemente de bază: o magazie de scule, un transportor sau manipulator de scule şi un încărcător, care fixează şi desprinde scula de arborele principal.

semiautomat, (ataşat unui automat), triplet $S(A) = [U, X, \varphi]$ corespunzător unui automat $A = [U, X, Y, \varphi, \eta)$, în care s-a făcut abstracţie de comportarea la ieşire a automatului A, rămînînd esenţială funcţionarea internă a automatului. Unui automat i se poate asocia în mod unic un s., iar un s. poate fi extins la un automat prin alegerea unui alfabet de ieşise Y şi a unei funcţii de ieşire η.

semnal, mărime fizică aptă de a se propaga într-un anumit mediu. În general, noţiunea de s. (s. util) se referă la acele mărimi fizice care conţin un mesaj destinat unui receptor, excluzînd mărimile perturbatoare care pot apărea fie în procesul de generare fie în cel de transmisie. Pentru studiul sistemic al s. este necesară reprezentarea lor prin modele matematice. În acest scop fie o mulţime T, înzestrată cu o relaţie de ordine totală $\leqslant$, numită mulţime de momente. Dacă M este o mulţime oarecare fixată, atunci prin s. definit pe mulţimea timp T cu valori în M se înţelege orice aplicaţie

$$x: T \to M,$$

care asociază fiecărui moment $t \in T$ un element $x(t)$ din M, numit eşantionul s. x la momentul t. Din acest mod de exprimare a modelului matematic rezultă

că analiza s. este strîns legată de studiul funcțiilor de variabilă reală și complexă ca și de analiza funcțională (→ **transformările Fourier și Laplace**). În limitele definiției precedente a modelului s. (nu cuprinde explicit s. multidimensionale și impulsurile) se poate efectua o primă clasificare a s. după domeniul de definiție T, respectiv după dependența de timp, în: s. *discret*, atunci cînd $T \subset \mathbb{Z}$ de ex., $T = N$, $T = \{0,1,2, \ldots ,n\}$) și s. *continuu*. în cazul în care T este un interval al axei reale $\mathbb{R}$. Situația cea mai importantă pentru aplicații este $M = R$, ceea ce înseamnă că s. au valori reale reprezentînd valorile (măsurile) unor mărimi fizice. O altă clasificare a s. le separă în deterministe, caracterizate prin valori cu o evoluție previzibilă și aleatoare, ale căror valori pot fi evaluate numai cu o anumită probabilitate. S. *aleatoare*, în esență procese stochastice, sînt cele cu caracter universal confirmat de realitatea fizică. S. *deterministe* reprezintă idealizări prin care se aproximează în anumite condiții cele aleatoare, în scopul simplificării studiului. Cea mai generală clasă de s. deterministe, care cuprinde toate semnalele uzuale continue sau discrete, inclusiv impulsurile de diverse ordine, este spațiul → **distribuțiilor** temperate. După natura lor fizică, legată îndeosebi de proprietățile de transmisie, s. utilizate în aplicații pot fi: electrice, optice, sonore etc. Este posibilă și o clasificare a s. după valorile de amplitudine sau nivelurile pe care le pot lua. Astfel, un s. poate avea un număr infinit sau unul finit de nivele. Un s. avînd un număr finit de valori se numește *cuantizat*. Dacă un s. comportă numai două nivele, asociate cu valorile binare se numește s. *logic*. S. cuantizate și cele logice au o largă utilizare în tehnica de calcul și în echipamentele numerice de conducere a proceselor. În sistemele automate, s. care apar au fie un caracter informațional necesar pentru luarea deciziilor, fie unul de comandă, de inițiere a unor acțiuni în conformitate cu aceste decizii. Se menționează în acest sens cîteva s. dintre cele mai frecvent întîlnite: s. *de eroare*, folosit pentru a indica diferența dintre valoarea de referință și cea de ieșire; mai general, s. de eroare poate fi utilizat pentru a avertiza cu privire la apariția unei erori de funcționare a unui aparat sau dispozitiv; s. *de comandă*, generat de regulator sau de echipamentul de conducere și aplicat la intrarea elementului de execuție în scopul realizării legii de conducere a procesului; s. *de sincronizare*, destinat asigurării funcționării simultane sau într-o anumită ordine a diverselor elemente componente ale unei echipament sau sistem.

sensibilitate (cu referire la aparate de măsurat și traductoare), raportul dintre variația mărimii de ieșire Δy și variația corespunzătoare a mărimii de intrare Δx.

$$S = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

S. în cazul considerat se definește pentru regimul static. Dacă $y = f(x)$ reprezintă caracteristica statică a aparatului sau traductorului

$$S = \frac{dy}{dx}$$

S. se poate exprima valoric ușor în cazul unei caracteristici statice liniare $y = kx + y_0$, ea fiind dată de coeficientul unghiular al dreptei $S = k$. Facilitatea exprimării se datorează faptului că ea este constantă pe întreg domeniul

de măsurare, astfel că se mai poate pune și sub forma în care apar limitele acestui domeniu

$$S = \frac{Y_{max} - Y_{min}}{X_{max} - X_{min}}$$

Pentru o caracteristică statică neliniară se pot defini numai valori locale ale s.

$$S_i = \left.\frac{dy}{dx}\right|_{x=x_i} \cong \left.\frac{\Delta y}{\Delta x}\right|_{x=x_i}$$

unde Δy și Δx sînt variații locale reduse în jurul punctului de coordonate x_i, y_i. Din relațiile precedente rezultă că s. este o mărime ale cărei dimensiuni depind de cele ale mărimilor de intrare și de ieșire, valoarea sa fiind exprimată în raport de unitățile de măsură folosite pentru mărimile respective. În cazurile caracteristicilor statice liniare și ale unor mărimi de intrare și de ieșire de aceeași natură, dacă s. are valori supraunitare se numește factor de amplificare (cîștig), iar dacă este subunitară, factor de atenuare, ambii fiind adimensionali. Atunci cînd domeniul uneia dintre mărimi este foarte extins, amplificarea sau atenuarea se reprezintă prin logaritmul raportului acestora

$$A = 20 \lg \left| \frac{y}{x} \right|$$

și se exprimă în decibeli (dB). Uneori se folosește așa-numita s. *relativă*

$$S_r = \frac{dy/y}{dx/x} \cong \frac{\Delta y/y}{\Delta x/x}$$

care se exprimă printr-un număr fără dimensiuni și este independentă de unitățile de măsură. S. relativă este utilă pentru compararea aparatelor și traductoarelor avînd caracteristici similare dar domenii diferite. Pentru aparatele destinate măsurărilor indirecte, caracterizate printr-o dependență $y = f(x_1, x_2, \ldots, x_N)$, în care $x_1, x_2 \ldots, x_N$ sînt mărimi direct măsurabile în raport de care se măsoară y, se pot determina s. separate pentru fiecare dintre acestea. Dacă $f(x_1, x_2, \ldots, x_N)$ este liniară atunci aceste s. sînt constante și sînt proporționale cu cosinusurile directoare ale normalei la planul respectiv în spațiul N dimensional. În cazul unei funcții neliniare se pot determina s. locale pentru fiecare punct al suprafeței luînd derivatele parțiale în punctul considerat în raport cu $x_1, x_2, \ldots, x_N$. În locul s. se folosește uneori inversa acesteia denumită constanta aparatului

$$C = \frac{1}{S}.$$

S. unui aparat de măsurat sau traductor este condiționată de s. elementelor componente și de modul în care se combină în cadrul schemei funcționale. Elementele avînd caracteristici statice liniare prezintă avantajul că s. parțiale fiind constante permit calculul ușor al s. totale, de asemenea constantă pe domeniu. Noțiunea de s. în sensul menționat poate fi extinsă la oricare din elementele componente ale → **sistemelor automate** în regim static de funcționare.

sensibilitate (cu referire la sistem), mărimea $s(t)$ ce reflectă modific area variabilei de stare $x(t)$ la variația unui parametru din sistem. Sistemul ce are ca soluție $s(t)$ se numește modelul s.

Pentru un sistem dinamic liniar

$$\dot{x}(t) = A(\mu)x(t) + B(\mu) \cdot u(t)$$

în care $\mu = [\mu_1 \mu_2 \ldots \mu_q]^T$ este un parametru variabil $\mu = \mu_N + \Delta\mu$ față de valoarea nominală μ_N, se deduce modelul s. de ordinul I considerînd că $\Delta\mu$ este un infinit mic:

$$\dot{s}(t) = A_0 s(t) + \mathcal{A}\ x(t) + \mathcal{B}\ u(t)\ ;\quad s(0) = 0$$

unde

$$s(t) = \begin{bmatrix} s_1(t) \\ s_2(t) \\ \vdots \\ s_q(t) \end{bmatrix} \in \mathbb{R}^{q \cdot n}\ ;\ s_i(t) \stackrel{\Delta}{=} \left.\frac{\partial x(t, \mu)}{\partial \mu_i}\right|_{\mu = \mu_N} :\quad i = \overline{1, q}$$

$$\mathcal{A} = \begin{bmatrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_q \end{bmatrix},\quad A_i \stackrel{\Delta}{=} \left.\frac{\partial A(\mu)}{\partial \mu_i}\right|_{\mu = \mu_N} :\quad i = \overline{1, q}$$

$$\mathcal{B} = \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ \vdots \\ B_q \end{bmatrix},\quad B_i \stackrel{\Delta}{=} \left.\frac{\partial B(\mu)}{\partial \mu_i}\right|_{\mu = \mu_N} :\ i = \overline{1, q}$$

$$A_0 = \operatorname{diag}\{A\}$$

În mod similar se poate defini o s. de ordin superior și eventual un model al s. de ordin superior sau un model al s. pentru sisteme neliniare. Utilitatea noțiunii de s. (respectiv model al s. unui sistem) rezidă în aplicarea sa la problemele de conducere adaptivă.

senzor, denumire utilizată uneori pentru elementul sensibil al unui → **traductor**.

separabilitate, rezultat fundamental în teoria sistemelor optimale cunoscut și sub denumirea de principiul geometric al minimului. Fie mulțimea $A \subset \mathbb{R}^n$ și $x_0 = (x_0^1, x_0^2, \ldots, x_0^n) \in A$ un punct minimal al mulțimii A adică $x = (x^1, x_0^2, \ldots, x_0^n)$, $\forall x^1 < x_0^1$ nu aparține lui A. Presupunînd că A are în x_0 o mulțime derivată $M_D(x_0)$. Atunci există $\nu \in X(x_0)$, $\nu \neq 0$, cu $\nu^1 \geqslant 0$ astfel încît

$$\nu^T \xi \geqslant 0\ ,\quad \forall \xi \in M_D(x_0)$$

adică în x_0 se poate duce un hiperplan de separație între dreapta D^- (determinată de vectorul $(-1, 0, 0, \ldots, 0)$) și $M_D(x_0)$. $M_D(x_0)$ este o mulțime derivată

a lui A (în punctul x_0) dacă oricare ar fi $\xi_1, \ldots, \xi_q \in M_D(x_0)$, q arbitrar, aceştia generează un con de variaţie a lui A, notat $K_D(x_0)$ adică: a) $K_D(x_0)$ este un con convex generat de $\xi_1, \ldots, \xi_q$; b) oricare ar fi $\rho > 0$, există $\varepsilon_0 > 0$ şi o funcţie $o: C^q(\rho) \times [o, \varepsilon_0] \to X(x_0)$ continuă pe $C^q(\rho)$ pentru orice $\varepsilon \in [o, \varepsilon_0]$ astfel încît

$$\lim_{\varepsilon \to 0} \frac{o(\lambda, \varepsilon)}{\varepsilon} = 0 \ , \quad \text{uniform cu } \lambda \in C^q(\rho)$$

şi

$$x(\lambda, \varepsilon) \stackrel{\Delta}{=} x_0 + \varepsilon\xi(\lambda) + o(\lambda, \varepsilon) \in A$$

or icare ar fi $\lambda \in C^q(\rho)$ şi $\varepsilon \in [o, \varepsilon_0]$ şi unde

$$\xi(\lambda) = \sum_{i=1}^{q} \lambda_i \xi_i \ , \quad \forall \lambda \in \mathbb{R}^q \quad \lambda \geqslant 0$$

Imaginea geometrică a s. este dată în fig. S.2. Acest rezultat, utilizat în punctul final al traiectoriei optimale $\{\hat{x}(t) \mid t \in [t_0, t_f)\}$ permite justificarea →**principiului minimului.**

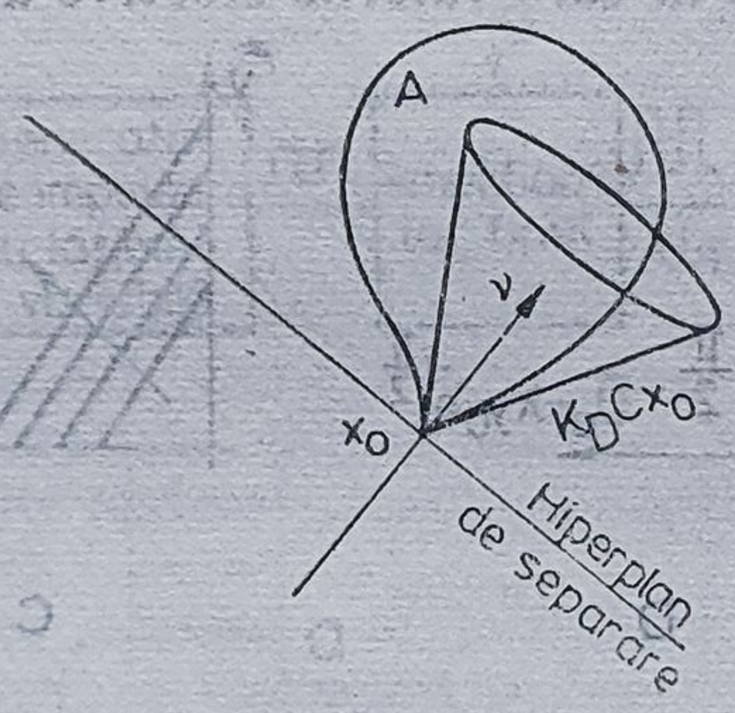


Fig. S.2. Imaginea geometrică a separabilităţii.

separarea canalelor, procedură care permite transmiterea simultan şi independent pe aceeaşi linie de comunicaţie (canal) a informaţiei provenite de la surse independente. S.c. se poate face în frecvenţă (prin transmiterea de semnale în benzi diferite de frecvenţă, detectate prin filtre trece bandă), în timp (prin transmitere serială), în fază (uzual se utilizează sisteme tetravalente sau octovalente), prin formă (corelînd semnale de o anumită evoluţie în timp, aproximabilă prin polinoame ortogonale), în nivel sau combinat.

sertar, element de comandă format dintr-un cilindru în interiorul căruia se deplasează, sub acţiunea unei mărimi exterioare, un piston avînd două sau mai multe gulere. Controlul debitului de fluid prin elementul de comandă se realizează printr-o combinaţie corespunzătoare de orificii cu secţiuni variabile sau printr-o combinaţie de orificii cu secţiuni fixe şi variabile prevăzute în cilindru. S. se realizează în variantele cu 2,3 şi 4 căi şi se utilizează atît în sistemele hidraulice, cît şi în cele pneumatice de automatizare, la construcţia amplificatoarelor de putere ale regulatoarelor.

servomecanism, → **sistem automat** în care una sau mai multe dintre mărimi sînt de natură mecanică. S. sînt de regulă sisteme de urmărire în cadrul cărora se realizează controlul automat al poziţiei unui mecanism (platformă, cîrmă etc.) în funcţie de variaţiile unei mărimi de intrare care poate fi şi de altă natură decît mecanică.

BIBLIOTECA DE FIZICA

servomotor, motor electric, pneumatic sau hidraulic utilizat ca element de acţionare într-un sistem automat. Principalele performanţe ale s. sînt: gamă extinsă de variaţie a vitezei, stabilitatea şi siguranţa în funcţionare pe întreaga gamă de viteză, cuplu mare la pornire, caracteristici mecanice şi de reglaj liniare, momente de inerţie reduse, timpi de accelerare/decelerare mici.

servomotor electric de curent alternativ, motor electric de curent alternativ utilizat drept element de acţionare. Au aplicabilitate largă pentru comanda organelor de reglare care necesită puteri reduse de acţionare, de la fracţiuni la sute de watt, datorită unor proprietăţi ca: robusteţe mai mare şi inerţie mai mică decît la servomotoarele cu curent continuu, simplitate a circuitelor de comandă, ş. a. Drept servomotoare de curent alternativ se utilizează de obicei servomotoare asincrone bifazate, care au rotorul în scurtcircuit şi statorul pe care sînt plasate două înfăşurări decalate electric la 90°. Una din înfăşurări este alimentată în permanenţă de la reţeaua monofazată cu o tensiune constantă şi reprezintă înfăşurarea de excitaţie *IE*, iar cealaltă de la tensiunea de comandă printr-un amplificator A, şi reprezintă înfăşurarea de comandă *IC*. Pentru reglarea turaţiei servomotorului asincron bifazat există trei metode: a) reglajul în amplitudine atunci cînd se variază amplitudinea semnalului de comandă, U_c (λ coeficientul de semnal) în timp ce tensiunea de excitaţie U_e rămîne constantă ca valoare efectivă şi decalată cu 90° faţă de U_c (fig. S.3); b) reglajul în fază în cazul în care valorile efective ale lui U_e şi

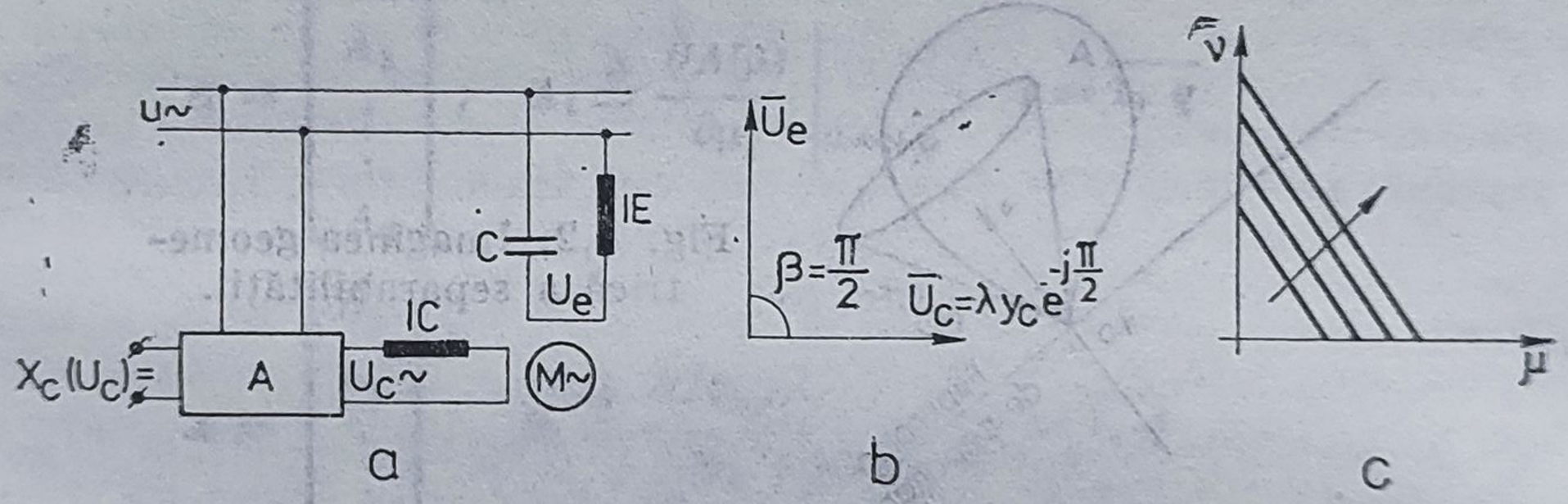


Fig. S.3. Element de acţionare cu servomotor de curent alternativ asincron bifazat:
a — schema electrică; *b* — diagrama fazorială; *c* — caracteristica mecanică.

U_c rămîn constante, dar faza β dintre ele se modifică; c) reglajul în amplitudine şi fază dacă se variază amplitudinea lui U_e şi faza β. Servomotorul asincron bifazat este un motor de turaţie mare şi cuplu mic şi de aceea, pentru a acţiona organele de reglare este prevăzut cu un reductor care cuprinde un angrenaj demultiplicator pentru reducerea turaţiei şi mărimea cuplului.

servomotor electric de curent continuu, motor de curent continuu de construcţie specială, ce poate fi realizat în variantele: cu magneţi permanenţi, cu circuite imprimate, sau fără perii, servind drept element de acţionare în sistemele automate. Metodele de reglare a vitezei servomotorului constau în: modificarea tensiunii de alimentare, a fluxului de excitaţie sau a rezistenţei serie, dintre care prima metodă este cea mai eficientă. Comanda servomotorului depinde de tipul amplificatorului final (de tipul convertorului electric ce alimentează indusul). Există două tipuri de amplificatoare liniare (de clasă A) utilizate pentru puteri mici, şi cu impulsuri (de clasă B). Amplificatoarele din clasa A (fig. S.4) sînt caracterizate prin forme de undă perfect netede ale tensiunii şi curentului furnizate indusului. Amplificatoarele din clasa B sînt caracterizate prin forme de undă discontinue ale tensiunii şi curentului

BIBLIOTECA DE LAVCY

prin indus. Aceste tipuri de amplificatoare pot fi cu comandă prin lățimea sau frecvența impulsurilor (tip chopper) sau prin tiristoare de la rețeaua de curent alternativ. Comanda prin lățimea impulsurilor se poate face în circuit deschis sau închis (fig. S.5).

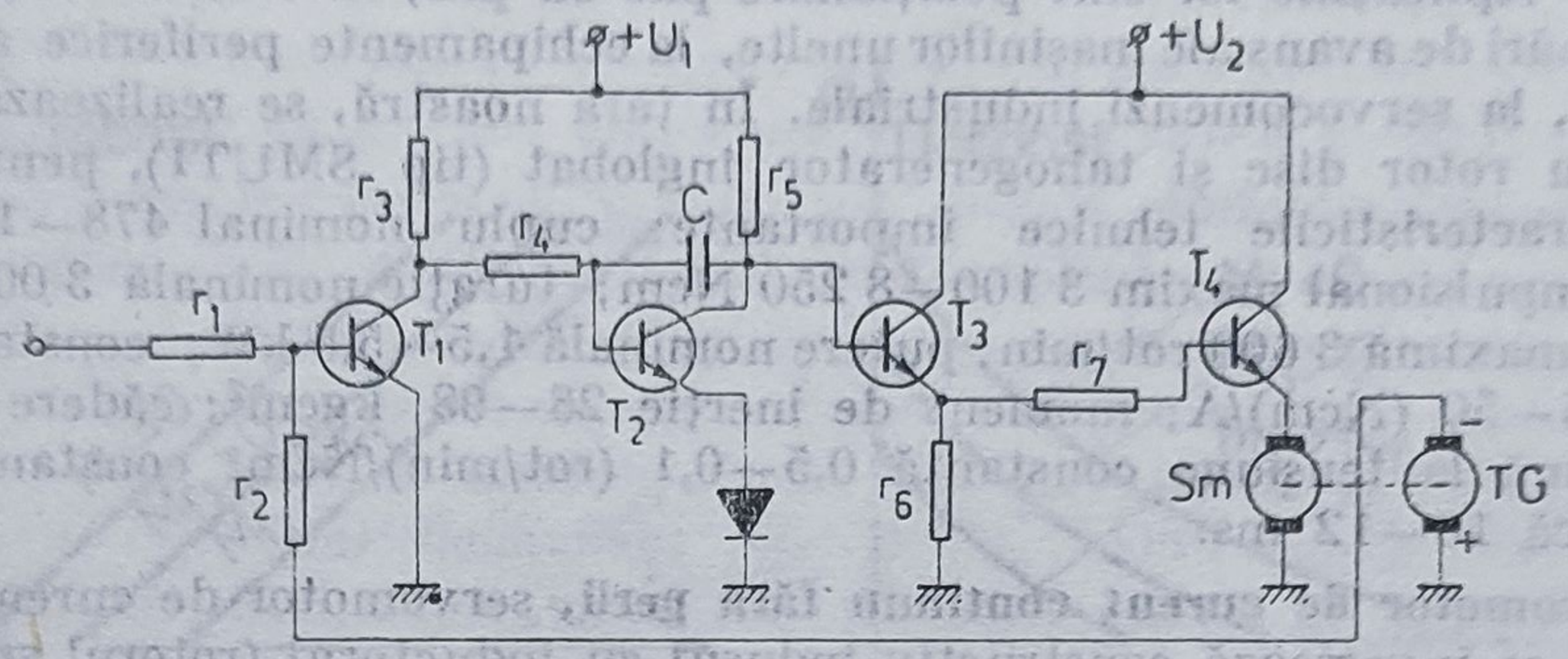


Fig. S.4. Schemă de comandă a servomotorului de curent continuu cu mai multe etaje liniare de amplificare.

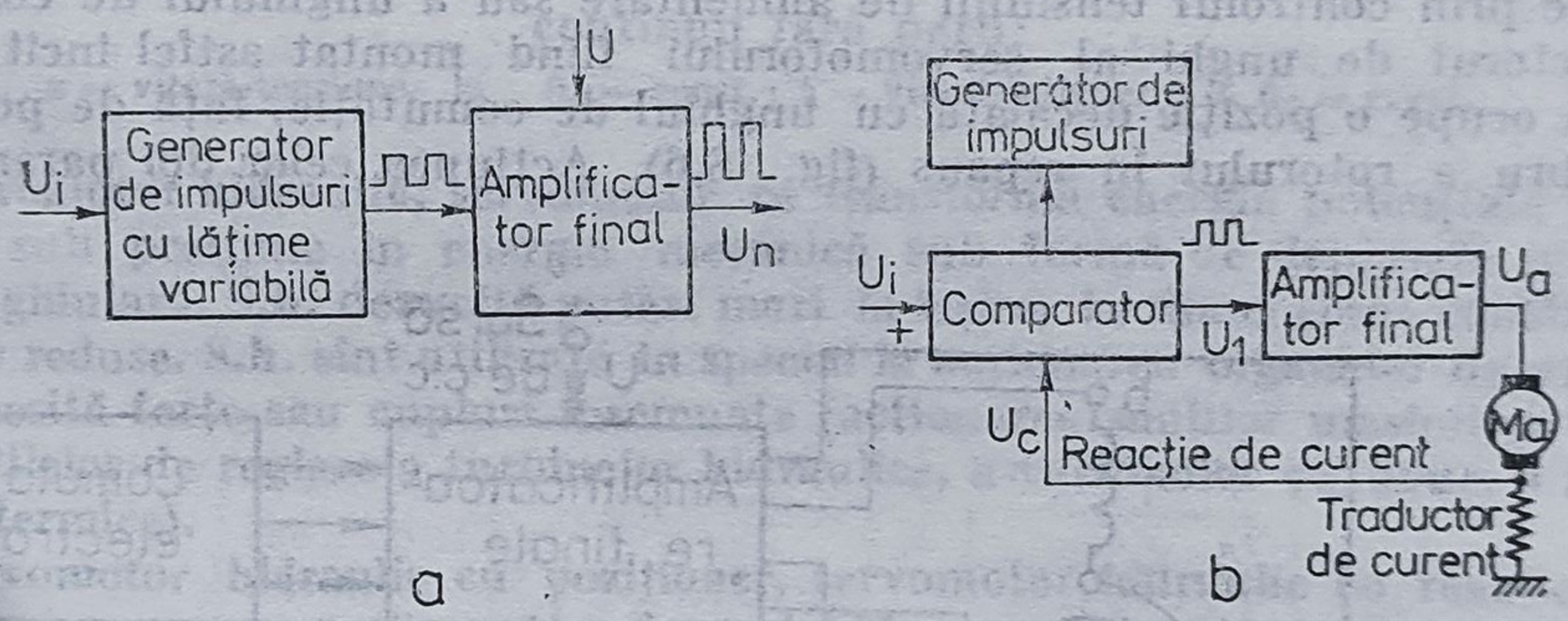


Fig. S. 5. Comanda servomotorului de curent continuu prin lățimea impulsurilor:

a — în circuit deschis; *b* — în circuit închis.

servomotor de curent continuu cu magneți permanenți, servomotor d curent continuu la care indusul-rotor are o construcție clasică, iar inductorul-stator este realizat cu magneți permanenți.

servomotor de curent continuu cu circuite imprimate, servomotor de curent continuu la care indusul-rotor este lipsit de fier, iar inductorul-stator este realizat cu magneți permanenți. Avantajele servomotorului de curent continuu cu circuite imprimate: putere specifică (raportată la greutate) relativ mare; caracteristici mecanice riguros liniare, constante de timp electrice neglijabile; gamă de viteze foarte largă, în ambele sensuri, de ex., 1 : 10 000 rot/min, sau 0,6 : 6 000 rot/min; comutație foarte bună în toate regimurile de funcționare. S-au dezvoltat două variante constructive: cu rotor disc și cu rotor cilindric.

servomotor de curent continuu cu rotor cilindric, servomotor de curent continuu cu circuite imprimate, la care rotorul este un cilindru gol pe care se află imprimat bobinajul indusului. Prezintă viteze și accelerații extrem de ridicate, cu momente de inerție proprii de pînă la $2 \cdot 10^{-7}$ kgm^2 (indus + + tahogenerator) și accelerații de la 1 la 3 000 rot/min în 2 ms. Sînt cele mai rapide servomotoare de curent continuu.

servomotor de curent continuu cu rotor disc, servomotor de curent continuu cu circuite imprimate, la care rotorul este alcătuit din unul sau mai multe straturi de conductoare lamelare din cupru, imprimate sau ştanţate, izolate între ele. Gama de putere este de: pînă la 10 kW, şi turaţii pînă la 4 000 rot/min. Aplicaţiile lor sînt poziţionare pas cu pas, intermitentă şi continuă, la acţionări de avans ale maşinilor unelte, la echipamente periferice ale calculatoarelor, la servocomenzi industriale. În ţara noastră, se realizează servomotoare cu rotor disc şi tahogenerator înglobat (tip SMUTI), pentru care se dau caracteristicile tehnice importante: cuplu nominal 478—1 750 Ncm; cuplu impulsional maxim 3 100—8 250 Ncm; turaţie nominală 3 000 rot/min; turaţie maximă 3 600 rot/min; putere nominală 1,5—5,5 kW; constanţa cuplului 23,5—50 (Ncm)/A; moment de inerţie 28—98 kgcm^2; cădere de turaţie în sarcină la tensiune constantă 0,5—0,1 (rot/min)/Ncm; constantă de timp mecanică 10—12 ms.

servomotor de curent continuu fără perii, servomotor de curent continuu la care se inversează constructiv indusul cu inductorul (rotorul susţine polii magnetici de excitaţie, iar statorul — crestăturile înfăşurării indusului), şi la care lipsesc periile. Avantajul esenţial al acestui tip de servomotor îl constituie accesul direct la indusul maşinii. Comanda servomotorului fără perii se face prin controlul tensiunii de alimentare sau a unghiului de comutaţie, traductorul de unghi al servomotorului fiind montat astfel încît senzorii săi să ocupe o poziţie decalată cu unghiul de comutaţie, faţă de poziţia de echilibru a rotorului în repaus (fig. S.6). Acţiunea celor doi parametri de

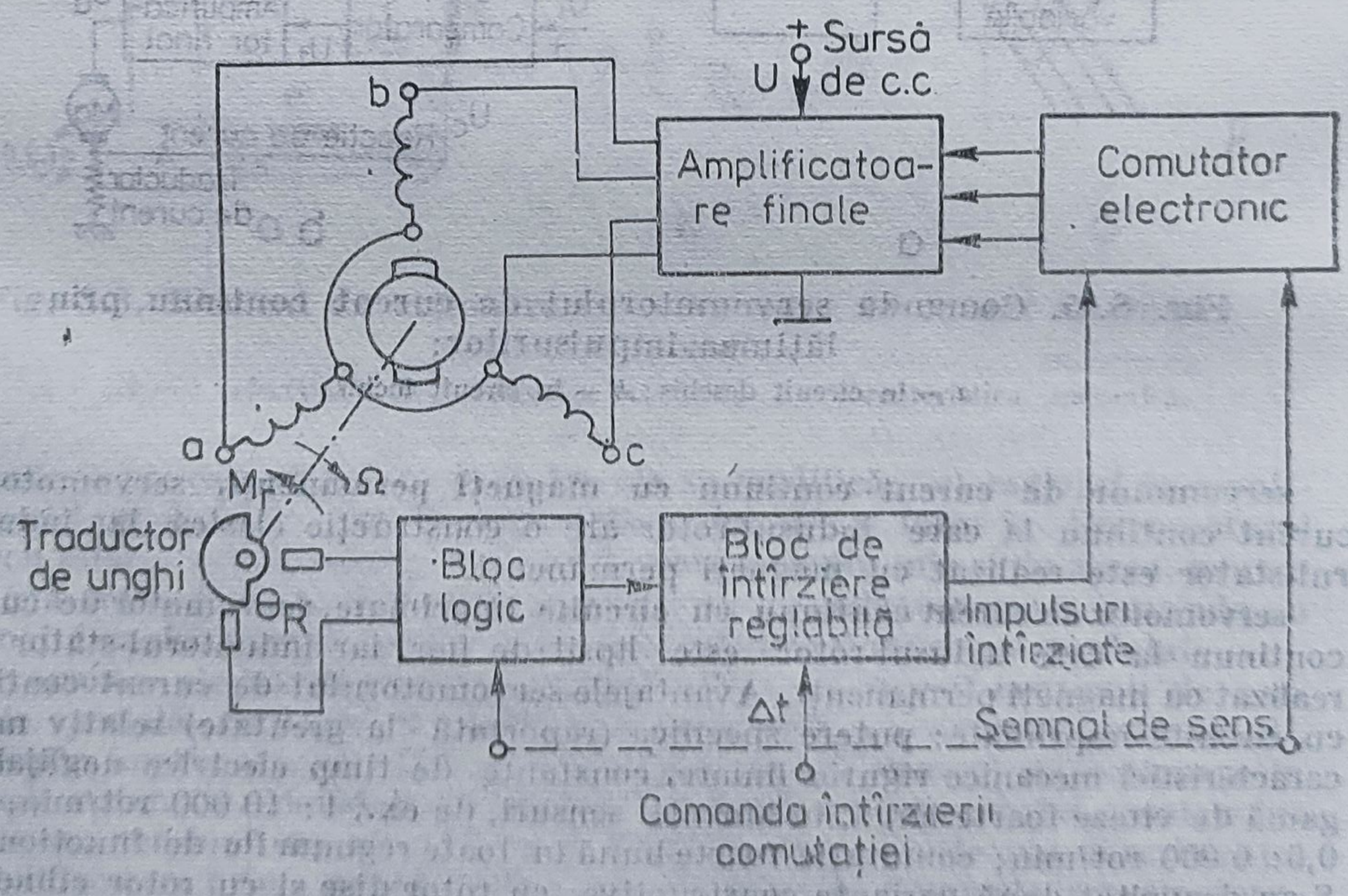


Fig. S.6. Schema servomotorului de curent continuu cu comandă electronică.

reglare este inversă: creşterea tensiunii de alimentare U duce la creşterea vitezei (liniar), în timp ce creşterea întîrzierii comutaţiei Δt (reducerea unghiului echivalent de comutaţie θ_c) determină scăderea vitezei de regim.

Cele două puncte de acces pentru reglarea vitezei servomotorului de curent continuu cu comutaţie electronică se află unul pe calea directă — blocul amplificatoarelor finale, şi unul pe calea de reacţie — blocul de întîrziere. Metoda reglării în circuit închis a tensiunii de alimentare este cea mai eficientă, conducînd la comportări liniare şi asigurînd o gamă largă de viteze (fig. S.7).

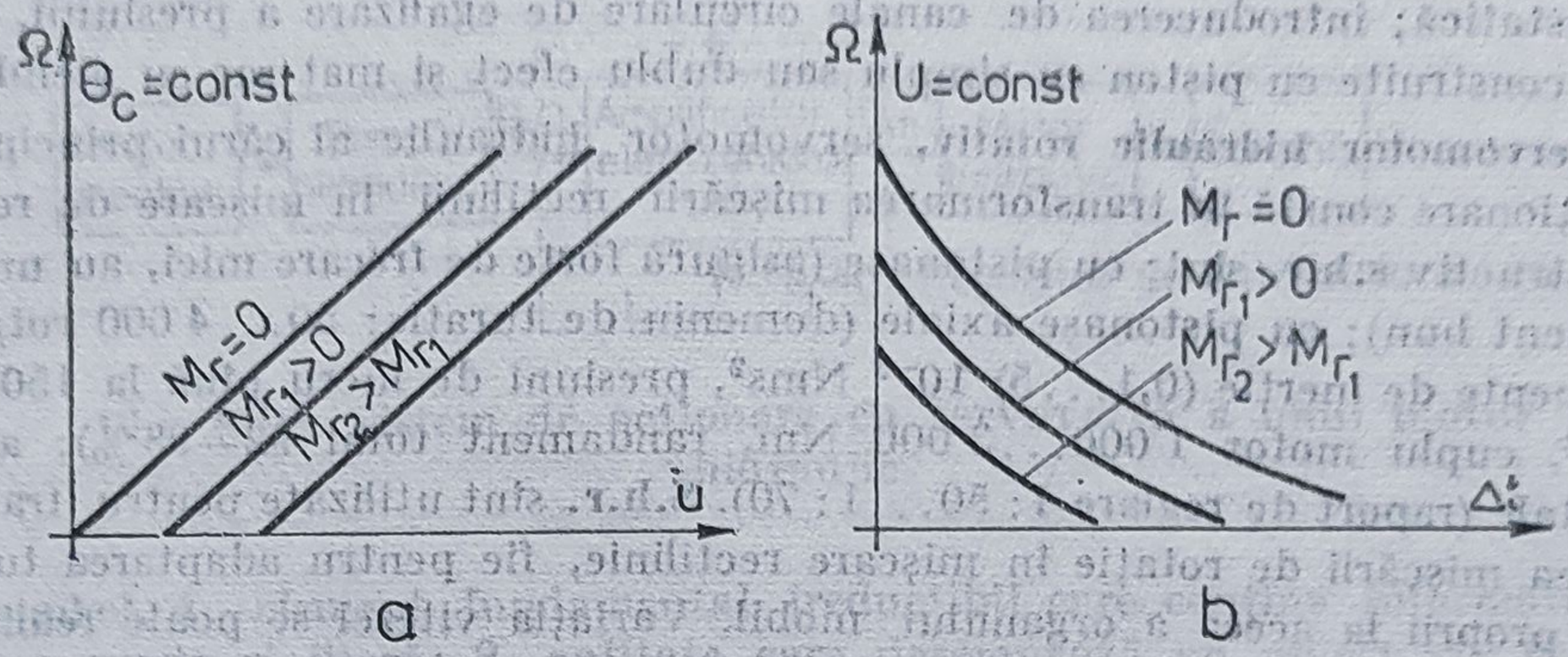


Fig. S.7. Caracteristici de reglare a servomotorului de curent continuu fără perii:
a — viteză-tensiune, la θ_c — const.; *b* — viteză-întîrziere, la θ_c = const.

servomotor hidraulic, servomotor ce transformă energia potenţială a unui lichid sub presiune în energie mecanică sub formă de deplasare rectilinie sau unghiulară. **S.h.** dezvoltă puteri mari la ieşire, la dimensiuni constructive relativ reduse. **S.h.** sînt utilizate în special la acţionarea organelor de execuţie ce necesită forţe sau cupluri însemnate (acţionarea săniilor maşiniilor unelte, a ventilelor de reglare a turbinelor hidraulice, a turbinelor cu abur, a motoarelor termice).

servomotor hidraulic cu poziţioner, servomotor hidraulic cu reacţie negativă, prin care se realizează o dependenţă proporţională între semnalul de comandă şi deplasarea tijei. După modul în care se face măsurarea poziţiei şi transformarea ei în semnal de reacţie negativă se deosebesc: servomotoare hidraulice cu reacţie electrică (fig. S.8), mecanică sau fluidică.

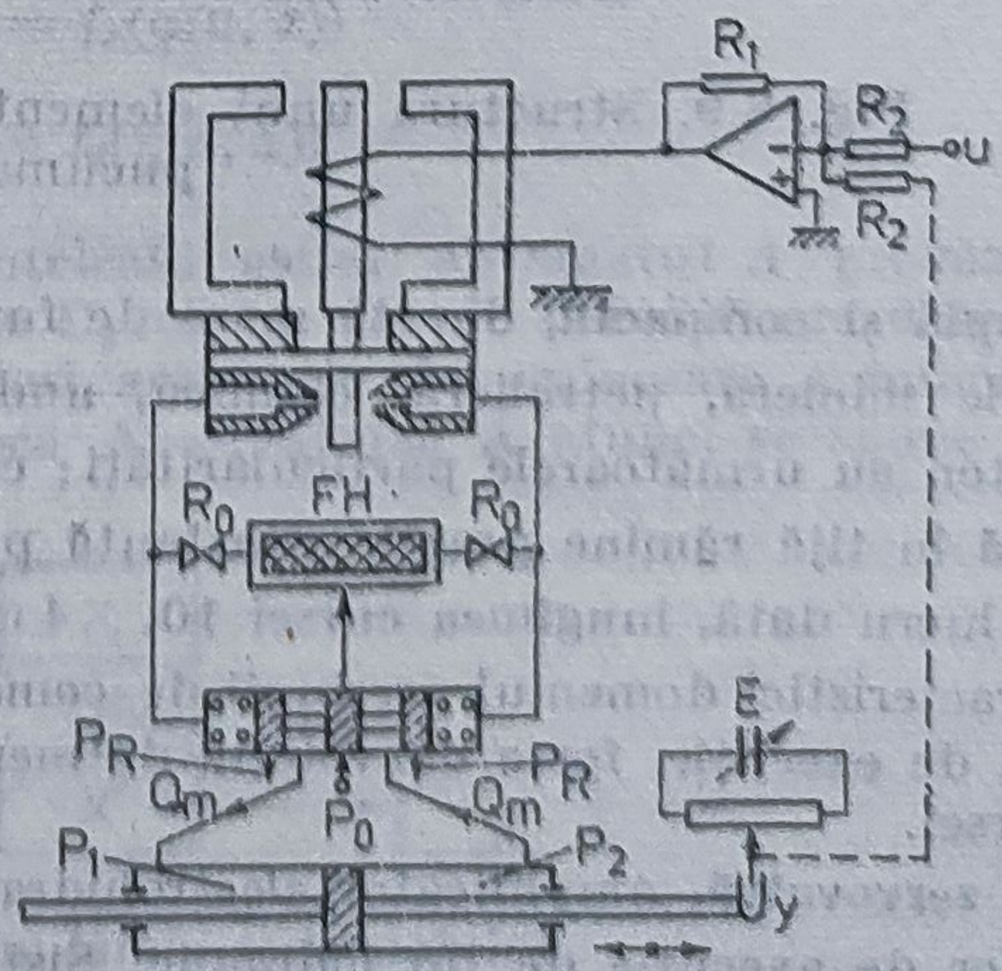


Fig. S.8. Servomotor hidraulic cu reacţie electrică.

servomotor hidraulic liniar, servomotor hidraulic destinat acţionărilor reglabile pentru deplasări liniare, unde intervin forţe mari şi reversări de sens. Construcţia lor necesită luarea unor măsuri speciale pentru obţinerea unor caracteristici funcţionale adecvate: utilizarea de garnituri speciale de etanşare cu grafit antifricţiune, pentru a determina coeficienţi de frecare practic independenţi de viteză; introducerea frecării lichide cu sustentaţie hidrostatică; introducerea de canale circulare de egalizare a presiunii. **S.h.l.** sînt construite cu piston cu simplu sau dublu efect şi mai rar cu membrane.

servomotor hidraulic rotativ, servomotor hidraulic al cărui principiu de funcţionare constă în transformarea mişcării rectilinii în mişcare de rotaţie. Constructiv **s.h.r.** sînt: cu pistonaşe (asigură forţe de frecare mici, au un randament bun); cu pistonaşe axiale (domeniu de turaţie: 50...4 000 rot/min), momente de inerţie (0,1...5) 10^{-3} Nms^2, presiuni de lucru pînă la 150 daN/cm^2, cuplu motor 1 000...3 000 Nm, randament total 92—98%); axiale; orbitale (raport de reglare 1 : 50...1 : 70). **S.h.r.** sînt utilizate pentru transformarea mişcării de rotaţie în mişcare rectilinie, fie pentru adaptarea turaţiei sale proprii la aceea a organului mobil. Variaţia vitezei se poate realiza cu rezistenţe hidraulice variabile sau volumic capacităţi hidraulice de volum variabil.

servomotor pneumatic, servomotor ce transformă energia potenţială a aerului comprimat într-o energie mecanică de translaţie sau rotaţie. Se realizează cu piston şi membrană, cu simplu sau dublu efect. Structura unui element de execuţie cu **s.p.** este dată în fig. S.9. Caracteristicile **s.p.** sînt: puteri mari la ieşire la dimensiuni de gabarit relativ reduse, construcţie

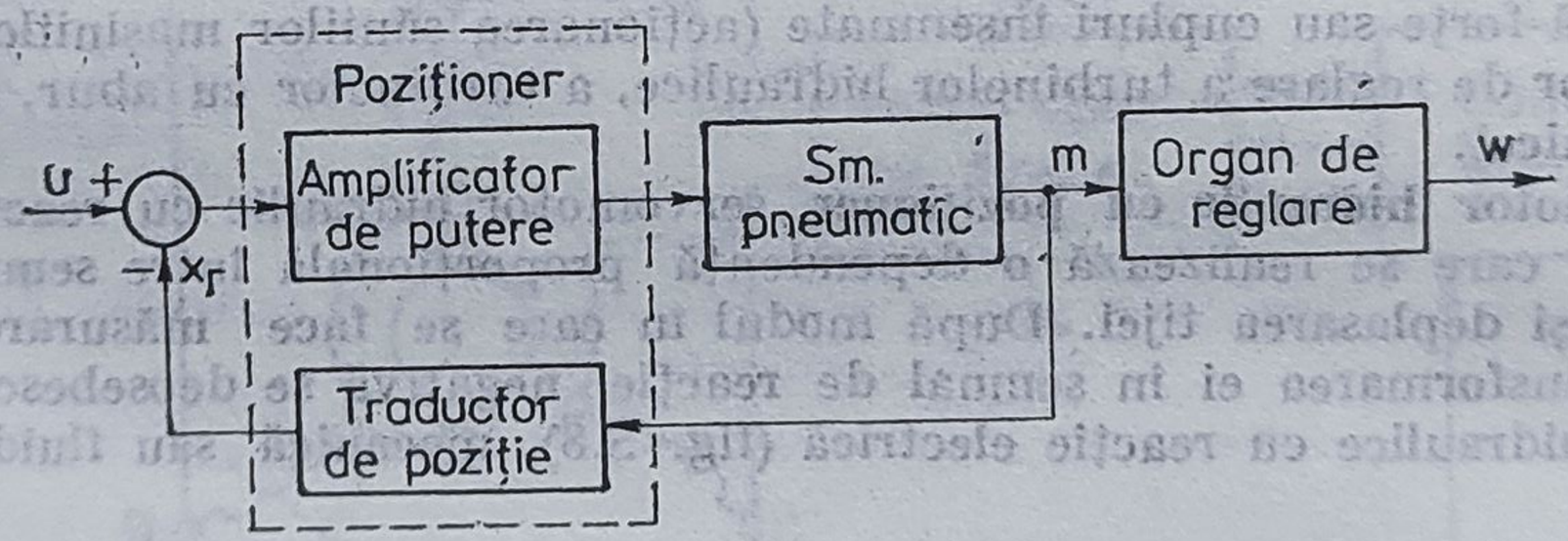


Fig. S.9. Structura unui element de execuţie cu servomotor pneumatic.

simplă şi compactă, durată mare de funcţionare. **S.p.** au aplicaţii în industriile minieră, petrolieră, chimică, unde există pericol de incendii. **S.p.** cu piston au următoarele particularităţi: constante de timp mici, forţa dezvoltată în tijă rămîne practic constantă pe toată lungimea cursei la presiunea de lucru dată, lungimea cursei 10...4 000 mm. **S.p.** cu membrană au drept caracteristici domeniul presiunii de comandă unificat, curse mici ale organului de execuţie, forţa dezvoltată de membrana în tijă variabilă pe lungimea cursei.

servovalvă, amplificator electrohidraulic utilizat pentru comanda elementelor de execuţie de tip hidraulic. Sistemele în buclă deschisă cu acţionare

continuă sînt formate dintr-o s. și un motor hidraulic, cu care formează o unitate constructivă și funcțională independentă (fig. S.10). Sînt utilizate la sistemele de avans și acționare principală a mașinilor unelte. S. electrohidraulice asigură și o amplificare în putere, în acționarea precisă în timp foarte scurt a sarcinilor cu inerție mare și cuplu la sarcină mare.

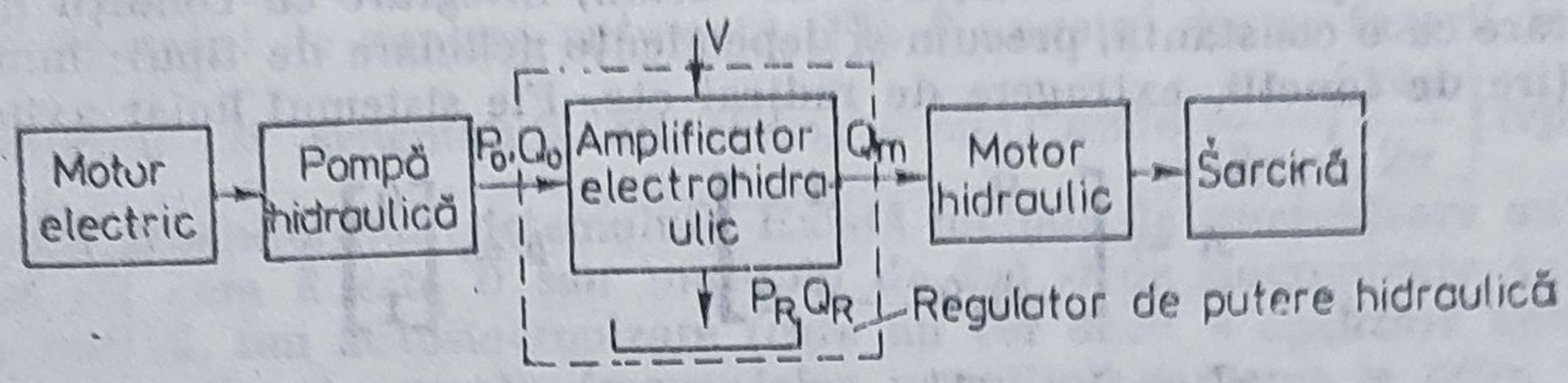


Fig. S.10. Sistem de acționare cu servovalvă a unui motor hidraulic.

simbol, 1. element fundamental ireductibil care conține informație; se mai numește și literă; **2.** entitate care desemnează un obiect sau o stare, printr-o reprezentare fizică care poate fi înregistrată, transmisă sau prelucrată.

simulare, procedeu de reprezentare a unui proces real printr-un model idealizat, fizic realizabil sau numai conceptual, prin intermediul căruia se urmărește obținerea de informații privind comportarea procesului respectiv. Procese imposibil sau neeconomic de tratat și analizat în realitate (de ex., evaluarea comportării anumitor instalații industriale în regimuri critice, evaluarea unor soluții constructive, determinarea fiabilității unor echipamente și agregate etc.) se pot soluționa convenabil prin s. În general, s. cuprinde cinci etape: definirea scopului, modelarea, implementarea modelului, colectarea și interpretarea rezultatelor.

simulare a automatelor, un automat $A = (U, X, Y, \varphi, \eta)$ este simulat de un automat $A' = (U', X', Y', \varphi', \eta')$, dacă există un triplet de funcții (f_u, f_x, f_y) cu proprietățile:

$$\text{(a)}\ f_u : U \to U';\ f_x : X \to X';\ f_y : Y \to Y'$$

$$\text{(b)}\ \varphi'(f_u(u), f_x(x)) = f_x(\varphi(u, x))$$

$$\text{(c)}\ \eta'(f_u(u), f_y(y)) = f_y(\eta(u, x))$$

Noțiunea de simulare poate fi înțeleasă astfel: automatul A' prevăzut cu dispozitivul de codificare $f_u : U_1 \to U_2$ și cu cel de decodificare descris de funcția $f_y : Y' \to Y$ realizează aceeași activitate de prelucrare a informației ca și automatul A (fig. S.11). Dacă A' simulează A atunci se spune că A

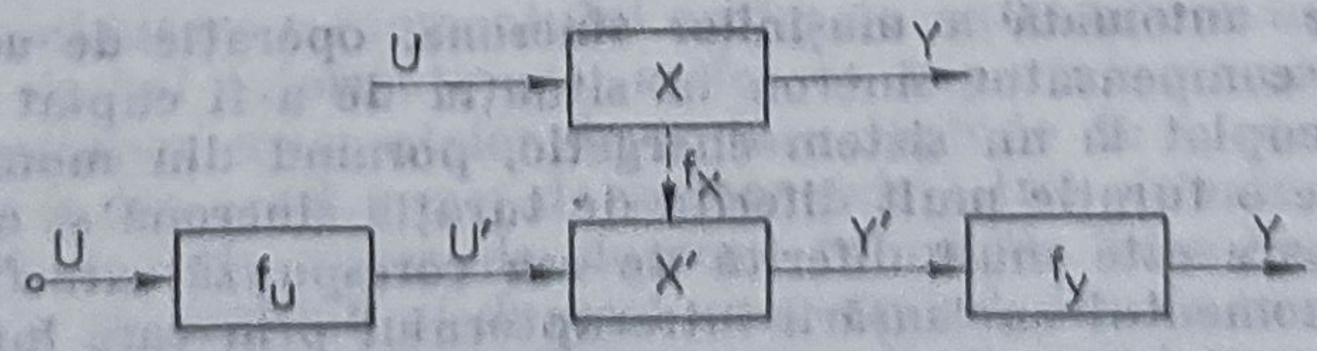


Fig. S.11. Simularea automatelor.

divide A' şi se notează A/A'. Dacă A/A' şi A'/A automatele A şi A' sînt slab echivalente şi se mai numesc şi automate asociate. O definiţie echivalentă cu a simulării este formulată şi prin → **homomorfism de automate.**

simularea sistemelor, metodă de determinare a răspunsului sistemelor dinamice. Procedeul clasic de s.s. este acela al utilizării calculatoarelor analogice care pe baza amplificatoarelor operaţionale pot realiza funcţionalităţi de sumare-amplificare, inversare de semn, integrare cu condiţii iniţiale, ponderare cu o constantă, precum şi dependenţe neliniare de tipul: înmulţire, împărţire de funcţii, extragere de radical etc. Fie sistemul liniar avînd

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -0,9 & -1,2 \end{bmatrix} \qquad b = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$c^T = [1 \quad -1]$$

cu condiţia iniţială $x(0) = [1 \quad -1]^T$ şi la care mărimea de intrare este treapta unitară ($u(t) = 1(t)$). Atunci, cum din ecuaţiile de stare, se obţine

$$\dot{x}_1(t) = x_2(t)$$

$$\dot{x}_2(t) = -0,9x_1(t) - 1,2x_2(t) + u(t)$$

$$y(t) = x_1(t) - x_2(t)$$

cu $x_1(0) = 1$ şi $x_2(0) = -1$, determinarea răspunsului $y(t)|t \geqslant 0$ prin simulare se face pe baza modelului analogic din fig. S.12. Utilizînd subrutine de inte-

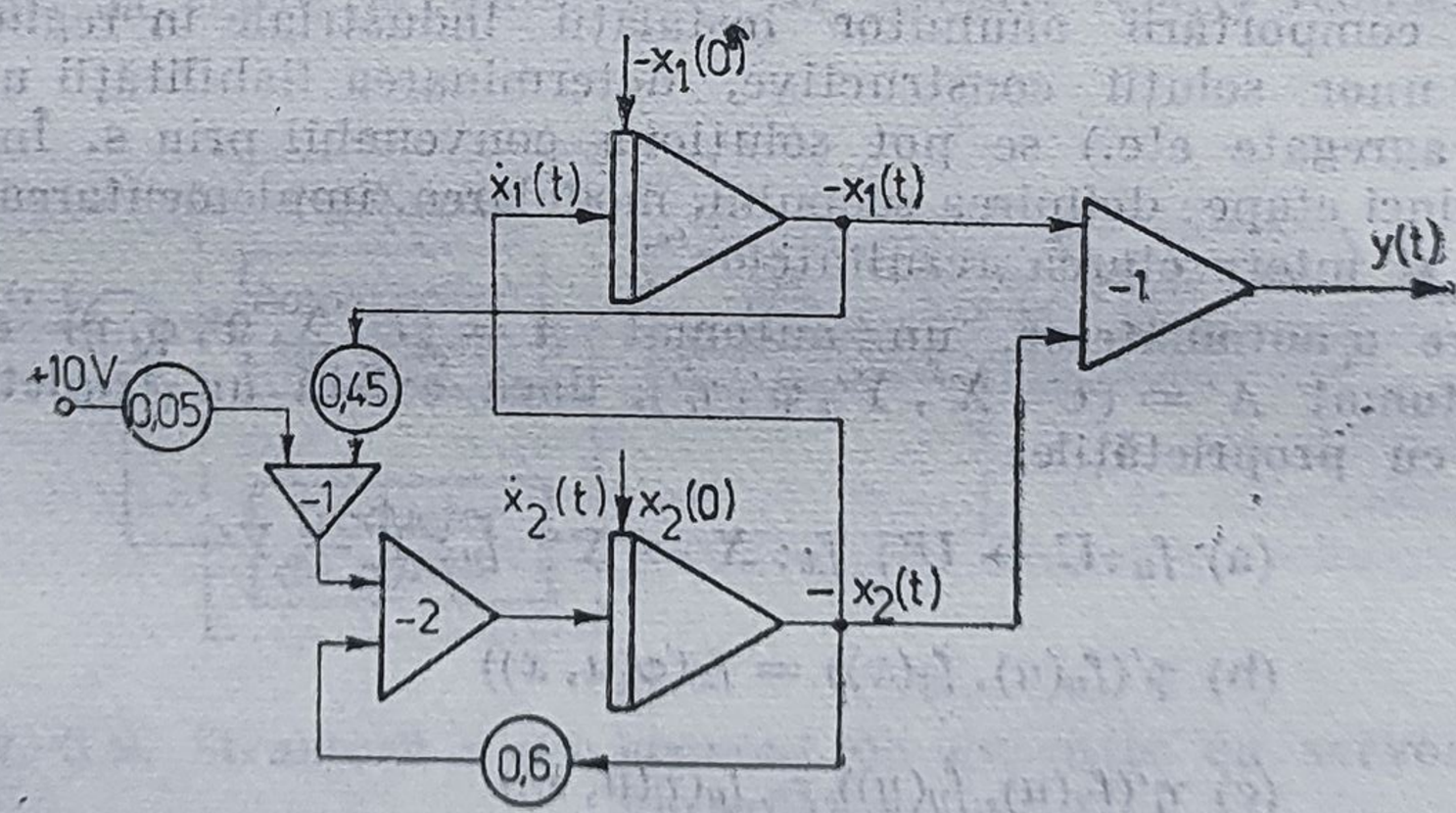


Fig. S.12. Model analogic de simulare.

grare numerică, se pot construi programe de s.s. dinamice pe calculatoare numerice, în acest sens existînd chiar programe integrate implementate pe calculatoare universale.

sincronizare automată a maşinilor sincrone, operaţie de aducere a unui generator sau compensator sincron în situaţia de a fi cuplat în paralel cu un altul sau cuplat la un sistem energetic, pornind din momentul în care generatorul are o turaţie mult diferită de turaţia sincronă şi cînd tensiunea sa electromotoare este mult diferită de cea corespunzătoare funcţionării în gol, pînă în momentul anclanşării întreruptorului prin care înfăşurările statorului se conectează la barele de tensiune. Operaţia de sincronizare are

două etape: una preliminară, care constă în aducerea mărimilor electrice caracteristice (tensiune, frecvență, fază) la valorile necesare pentru a se comanda închiderea întreruptorului de cuplare, și operația propriu-zisă de cuplare prin închiderea întreruptorului la momentul cel mai convenabil pentru a reduce la minimum solicitările electrice și mecanice. Corespunzător acestor etape, un sincronizator automat cuprinde: regulatorul de sincronizare și aparatul de cuplare automată. Fie δ unghiul dintre fazorii tensiunii generatorului și sistemului, $\delta(t) = (\omega_G - \omega_S)\,t$ unde $\frac{\omega_G}{2\pi}\left(\frac{\omega_S}{2\pi}\right)$ reprezintă frecvența generatorului (sistemului). Există metode de sincronizare automată precisă (la care δ este 0 sau multiplu de 2π) și de sincronizare automată aproximativă, sau autosincronizare (care nu cer decît o egalizare aproximativă a tensiunilor și respectiv frecvențelor, permițînd cuplarea la orice valoare a unghiului electric δ). Sincronizarea precisă se poate realiza cu unghi constant de anticipare (la care comanda de închidere a întreruptorului se dă măsurînd un unghi electric constant de anticipare δ_a față de momentul cînd $\delta_a \approx 2k\pi$) sau cu timp constant de anticipare (comanda de închidere a întreruptorului se dă cu un timp constant de anticipare t_a față de momentul cînd $\delta \approx 2k\pi$). Schema bloc a dispozitivului de sincronizare este dată în fig. S.13.

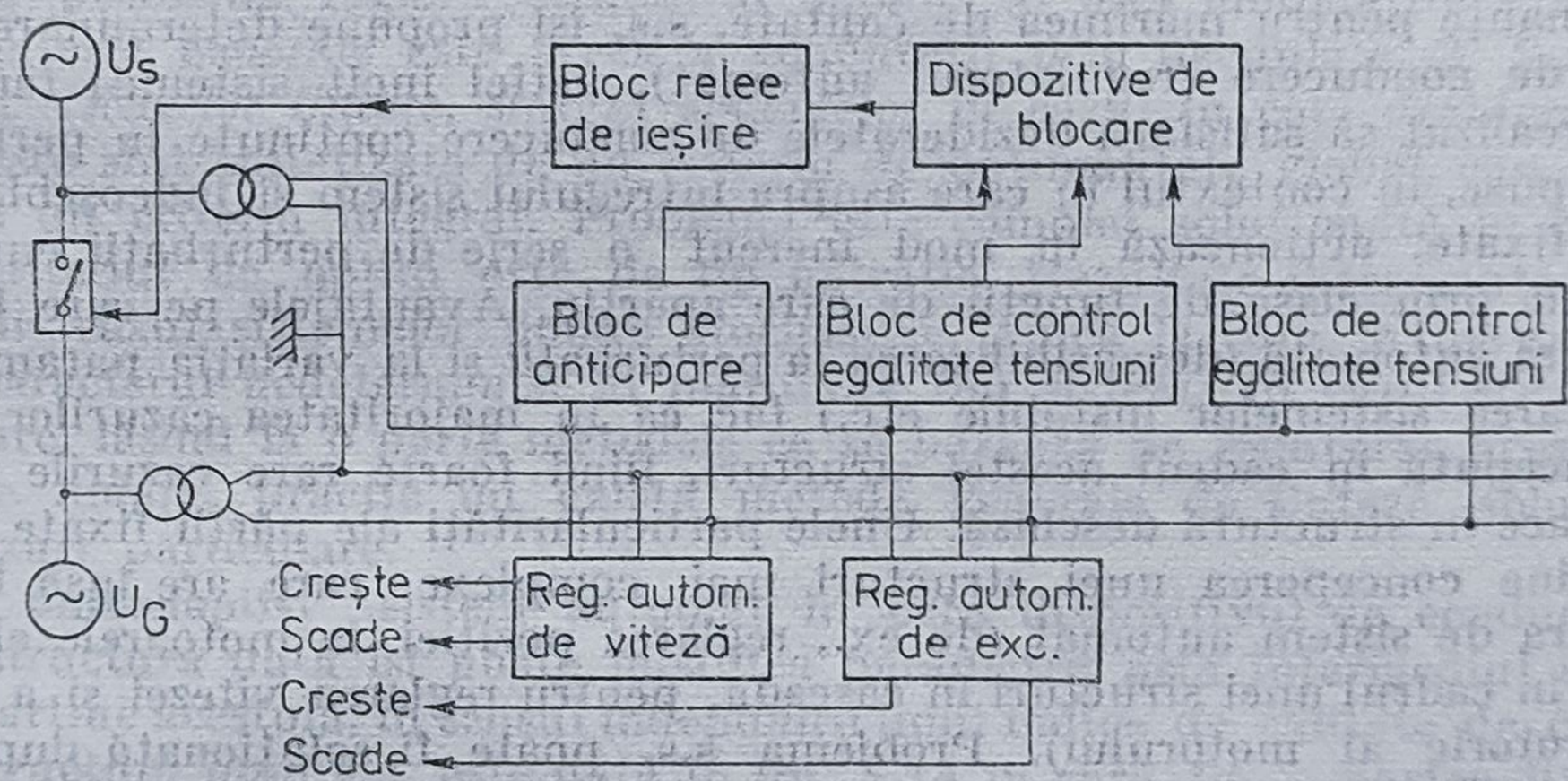


Fig. S.13. Schema bloc a dispozitivului de sincronizare.

sincronizare de grup, procedură de sincronizare în sisteme de transmitere discretă a informației realizată prin cuvinte de cod, care se caracterizează prin intercalarea în fluxul informațional principal sub forma unei combinații de cod, numită secvență sau grupă de sincronizare. Simbolurile ce alcătuiesc grupa de cod pot fi consecutive sau distribuite în interiorul unui ciclu care este constituit dintr-un anumit număr de caractere.

sincronizare de simbol (în sisteme de transmitere discretă a informației), procedură de asigurare a momentului optim de extragere a informației conținute de un simbol informațional, astfel ca raportul semnal/zgomot să fie maxim. Succesiunea momentelor de testare depinde de succesiunea informațiilor trimise, și din acest punct de vedere există trei sisteme: sincrone, asincrone și start-stop. În sistemele sincrone tranzițiile între impulsuri apar la intervale egale cu multipli ai duratei unui simbol, iar sincronizarea se realizează printr-o succesiune periodică de impulsuri, corelate cu semnalul util fie pe baza unei informații transmisă pe alte căi (sisteme sincrone indepen-

dente), fie pe baza informației extrase din însăși semnalul recepționat (sisteme sincrone dependente). În sistemele asincrone tranzițiile între impulsuri apar la intervale întîmplătoare; impulsurile de testare pentru sincronizarea de simbol se obțin pe baza unor caracteristici ale semnalului recepționat: tranziții, pauze, motiv din care aceste sisteme se mai numesc cu sincronizare pas cu pas. Sistemele start-stop se caracterizează prin aceea că tranzițiile apar periodic, deși caracterele apar la intervale aleatoare. La aceste sisteme sincronizarea se realizează prin secvențe scurte de impulsuri de testare, generate la comanda unui impuls special de start.

sinfazare, procedură de sincronizare utilizată în sisteme discrete de transmitere a informației, constînd în asigurarea pornirii oscilatorului bazei de timp de la recepție în fază cu oscilatorul bazei de timp de la emisie (ambele oscilatoare funcționînd pe aceeași frecvență).

singularitate, punct $s_0 \in C$ pentru care în orice disc $\Delta(s_0, \rho)$ se găsesc atît puncte în care funcția $H(s)$ este monogenă cît și puncte în care nu este monogenă sau nu este definită. Pentru $H(s)$ o funcție rațională ireductibilă, s. sînt polii acesteia, adică zerourile numitorului.

sinteza sistemelor, capitol de bază al teoriei sistemelor ce are ca obiect determinarea unui sistem (automat) care să satisfacă o serie de performanțe (criterii) impuse. Mai concret, dîndu-se un sistem „parte fixată", o listă de performanțe pentru mărimea de calitate, s.s. își propune determinarea sistemului de conducere (regulatorul automat), astfel încît sistemul (automat) astfel realizat să satisfacă dezideratele de conducere conținute în performanțele impuse, în contextul în care asupra întregului sistem și îndeosebi asupra părții fixate, acționează în mod inerent o serie de perturbații cunoscute cel mult prin clasa de funcții de care aparțin. Avantajele pe care le oferă structura automată (desensibilizarea la perturbații și la variația parametrilor, stabilizarea sistemelor instabile etc.) fac ca în majoritatea cazurilor s.s. să fie concepută în cadrul acestei structuri, fiind foarte rare cazurile în care ea se face în structură deschisă. Unele particularități ale părții fixate pot să determine conceperea unei structuri mai complexe, care are însă la bază structura de sistem automat (de ex., reglarea poziției la motoarele electrice se face în cadrul unei structuri în cascadă, pentru reglarea vitezei și a curentului rotoric al motorului). Problema s.s. poate fi soluționată după cum urmează: 1. *Sinteza clasică a sistemelor automate liniare* operează cu sisteme avînd o intrare și o ieșire, pentru care lista de performanțe uzuală este constituită pe baza performanțelor locale ale răspunsului (suprareglaj, timp tranzitoriu, eroare staționară la intrare polinomială dată etc.). Metodele tipice de soluționare a problemei de sinteză clasică le reprezintă metodele de frecvență bazate pe caracteristicile de frecvență (caracteristici logaritmice, hodograf, diagramele Nichols etc.) ale funcțiilor de transfer $H(s)$ sau $H(z)$. Etapele de bază în cadrul unei metode de sinteză în frecvență sînt: transpunerea performanțelor dorite în caracteristicile de frecvență; construirea caracteristicilor de frecvență pentru funcția de transfer a părții fixate; determinarea caracteristicilor de frecvență ale regulatorului automat; determinarea funcționalității regulatorului automat care presupune și o operație de aproximare în sensul unei realizări fizice mai simple, care să nu afecteze prea mult performanțele impuse. Tot în cazul sintezei clasice a sistemelor automate merită menționată și metoda → **locului geometric al rădăcinilor;** specificul metodei este că din performanțele impuse se determină o distribuție de poli pentru $H_0(s)$ ($H_0(z)$) care să asigure îndeplinirea acestor performanțe, adică este o metodă de alocare (a polilor). Alocarea completă (a polilor și zerourilor) funcției de transfer în circuit închis $H_0(s)$ ($H_0(z)$) pe baza performanțelor impuse este ideea

ce a stat la baza metodei poli — zerouri; o dată determinat $H_0(s)$ ($H_0(z)$) analitic se determină $H_R(s)$ ($H_R(z)$) funcţia de transfer a regulatorului automat continuu (discret). Dezavantajul principal al acestei ultime metode constă în faptul că regulatorul automat rezultă cu o structură foarte complexă, greu de realizat fizic. Şi, în sfîrşit, în cazul sistemelor discrete, o metodă de soluţionare a problemei de sinteză clasică este metoda sintezei cu timp tranzitoriu finit, la care se impune ca anularea erorii sistemului automat discret să se facă într-un număr finit de paşi. 2. *Sinteza generală a sistemelor automate liniare* este bazată pe metode generale de stabilizare (alocare) a sistemelor cu mai multe intrări şi mai multe ieşiri. Dezideratele de conducere se consideră a fi direct transpuse într-o distribuţie de poli (valori proprii) care le asigură. Sinteza generală a sistemelor presupune încadrarea în una din următoarele probleme: a) problema stabilizării prin reacţie după stare, după ieşire sau prin compensare dinamică. În cazul reacţiei după stare apare necesară construcţia unui estimator de stare, de lege de comandă sau de funcţională; b) problema rejecţiei exacte a perturbaţiilor, adică de invarianţă completă a sistemului la perturbaţiile ce acţionează asupra sa; c) problema reglării ce presupune rejecţia asimptotică a perturbaţiilor şi urmărirea (asimptotică) a programului de conducere pentru mărimea de calitate. Aceasta se completează cu condiţii suplimentare, obţinîndu-se problema reglării intern stabile sau problema reglării structural stabile. O altă metodă de soluţionare a sintezei generale este aceea a conducerii prin decuplare. 3. *Sinteza optimală a sistemelor liniare*, sinteza sistemelor în cazul în care dezideratele de conducere sînt sintetizate de un criteriu de optimalitate global, care este în general un criteriu integral. Problema este complet soluţionată în cazul în care criteriul de optim este de tip pătratic. Rezultate interesante sînt obţinute în cazul sistemelor liniare stochastice, adică la care se ţine expres cont de caracterul nedeterminist al mărimilor din sistem. În cazul sistemelor neliniare, lăsînd la o parte metodele ce se bazează pe reducerea acestora la sisteme liniare, practic nu există metode generale de sinteză, soluţiile vizînd cazuri particulare.

sistem autoadaptiv, sistem automat în care dispozitivul de conducere, avînd o structură dată îşi poate modifica parametrii prin intermediul unui bloc ce aparţine acestuia, în sensul îndeplinirii unui indice de calitate de către sistem. Structura unui **s.a.** este dată în fig. S.14 în care *PF* — partea fixată

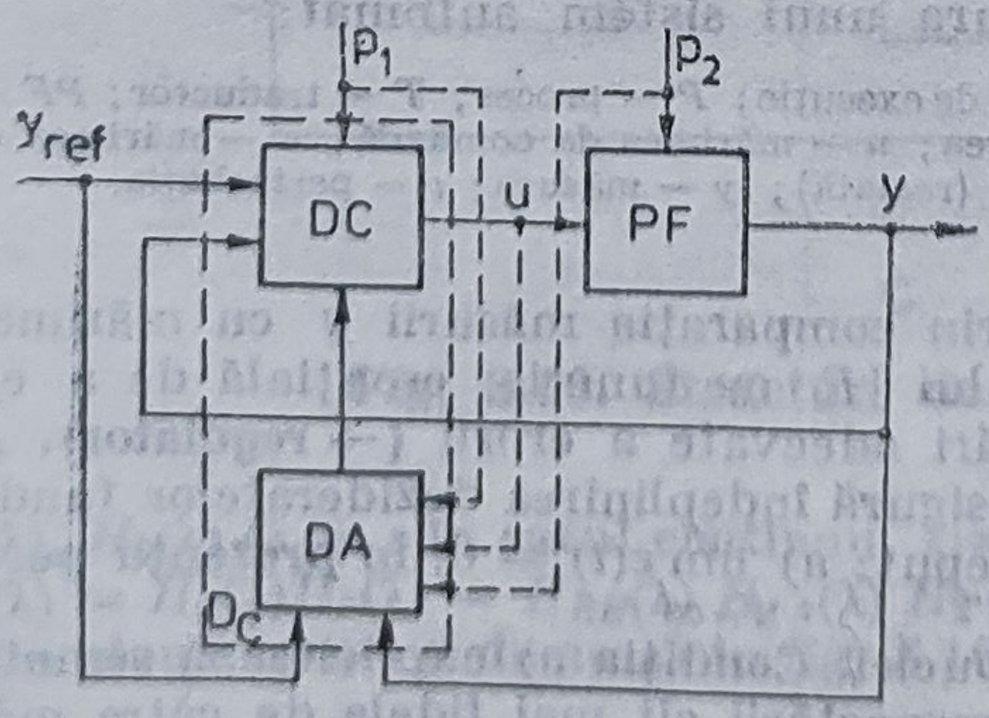


Fig. S.14. Structura unui sistem autoadaptiv.

a sistemului, *DC* — dispozitiv de conducere propriu-zis, *DA* — dispozitiv de adaptare, p_1, p_2 — perturbaţii, liniile punctate desemnînd informaţii ce pot să lipsească. *DA* aparţine în mod nemijlocit sistemului, mai precis dispozitivului de conducere D_C. Structura sistemului se păstrează şi în cazul în

care y_{ref}, u, y, p_1, p_2 reprezintă vectori. De ex., în cazul unui → **sistem optimal** ca rapiditate la care, pentru un caz simplu, D_C are funcționalitatea

$$u = U \operatorname{sign} \psi = U \operatorname{sign} \left[y + a \left(\frac{dy}{dt} \right)^2 \operatorname{sign} \left(\frac{dx}{dt} \right) \right]$$

cu U, a constante și y poziția. Scriind această relație

$$u = U \operatorname{sign} \left[y + k \frac{dy}{dt} \right]$$

cu

$$k = a \left| \frac{dy}{dt} \right|$$

se poate constata că D_C s-a structurat în DC — (prima relație) și dispozitivul de adaptare DA (a doua relație).

sistem autoinstruibil, sistem capabil ca pe baza unei analize corelate între deciziile luate și valorile unui criteriu de calitate aprioric impus, în prezența mărimilor perturbatoare, să-și ajusteze funcționarea în scopul atingerii unor performanțe îmbunătățite. Sistemele care aparțin acestei clase nu sînt riguros delimitate, în această categorie intrînd și sistemele autoadaptive, autoacordabile etc. Termenul este curent utilizat în sistemele pentru recunoașterea formelor.

sistem automat, sistem avînd structura standard din fig. S.16. Caracteristic **s.a.** este conducerea după eroarea ε. Aceasta impune: prezența conexiunii

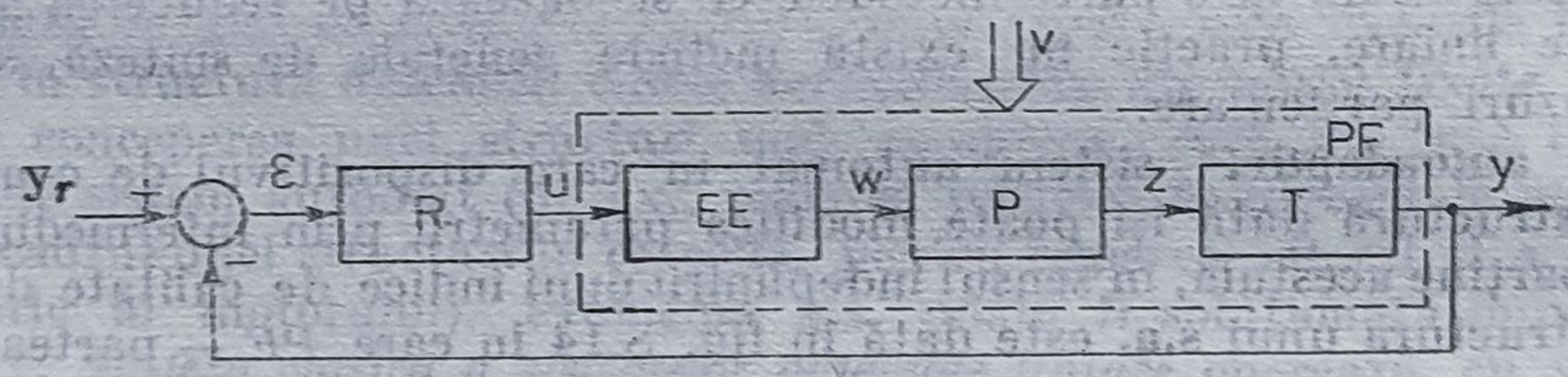


Fig. S.15. Structura unui sistem automat:

R — regulator (compensator); EE — element de execuție; P — proces; T — traductor; PF — parte fixată; y_r — mărime de referință; ε — eroarea; u — mărimea de comandă; w — mărimea de execuție; z — mărimea condusă (reglată); y — măsura; v — perturbația.

inverse necesară obținerii erorii prin comparația măsurii y cu mărimea de referință y_r; prezența regulatorului R cu funcția esențială de a elabora comanda u pe baza unei prelucrări adecvate a erorii (→ **regulator**). Aceste elemente tipice ale structurii **s.a.** asigură îndeplinirea deziderateleor fundamentale pentru care acesta a fost conceput: a) $\lim_{t \to \infty} \varepsilon(t) = 0$, în prezența perturbațiilor v; b) stabilitatea internă a buclei. Condiția a) explicitează semnificația conducerii după eroare în sensul respectării cît mai fidele de către mărimea reglată z a programului impus prin mărimea de referință y_r. Fidelitatea urmăririi de către mărimea z a programului impus este caracterizată prin performanțele uzuale impuse **s.a.** (suprareglaj, timp tranzitoriu etc.). Considerînd că asupra părții fixate acționează o singură perturbație, deci $v \in \mathbb{R}$ (ceea

ce se justifică fie prin aceea că se consideră numai perturbația principală, sau, în cazul cînd acest lucru nu este posibil, prin faptul că analiza efectului celorlalte perturbații asupra s.a. se face cu totul similar), în cazul sistemelor liniare continue structura s.a. este reprezentată în fig. S.16, *a*, iar în cazul discret în fig. S.16, *b*. Pentru evidențierea locului de aplicare a perturbației partea fixată a fost descompusă în două sisteme avînd funcțiile de transfer

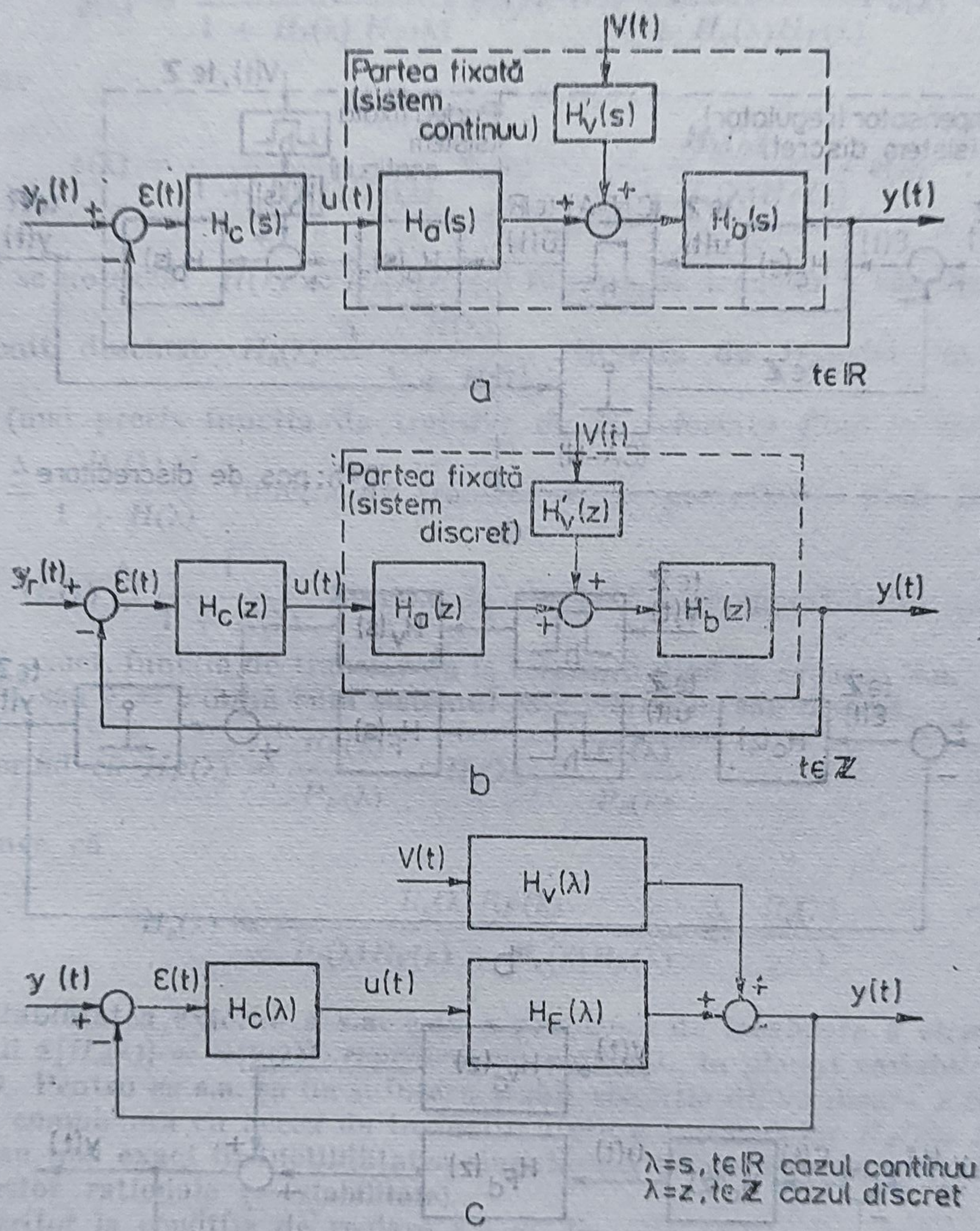


Fig. S.16. Structuri de sisteme automate.

$H_a(\lambda)$, $H_b(\lambda)$ ($\lambda = s$ în cazul continuu, $\lambda = z$ în cazul discret) și unde evident $H_F(\lambda) = H_a(\lambda)H_b(\lambda) = H_{EE}(\lambda)\, H_{IA}(\lambda)\, H_T(\lambda)$. Se remarcă perfecta identitate a celor două cazuri și de aceea în fig. S.16, *c*, s-a reprezentat o singură structură la care în plus, perturbația a fost „redusă la ieșire", caz în care $H_v(\lambda) \stackrel{\Delta}{=} H_v(\lambda)H_b(\lambda)$. Cum însă, cvasitotalitatea instalațiilor automatizate se reprezintă prin sisteme continue, caracterul „discret" al s.a. este conferit de compensator (exemplul tipic fiind acela în care compensatorul este implementat

pe un calculator numeric). În acest caz, cuplarea celor două sisteme (compensator și parte fixată) necesită elemente suplimentare, și anume un convertor numeric analogic (*CNA*) pe calea directă și un convertor analog numeric (*CAN*) pe reacția s.a. (fig. S.17, *a*). Numai pentru ușurința tratării, în acest caz, s-a considerat că perturbația v este o funcție discretă și acționează asupra părții fixate prin intermediul unui element de „refacere în scară" de tipul *CNA*, ceea ce reprezintă o aproximare justificată prin aceea că, în cazul real

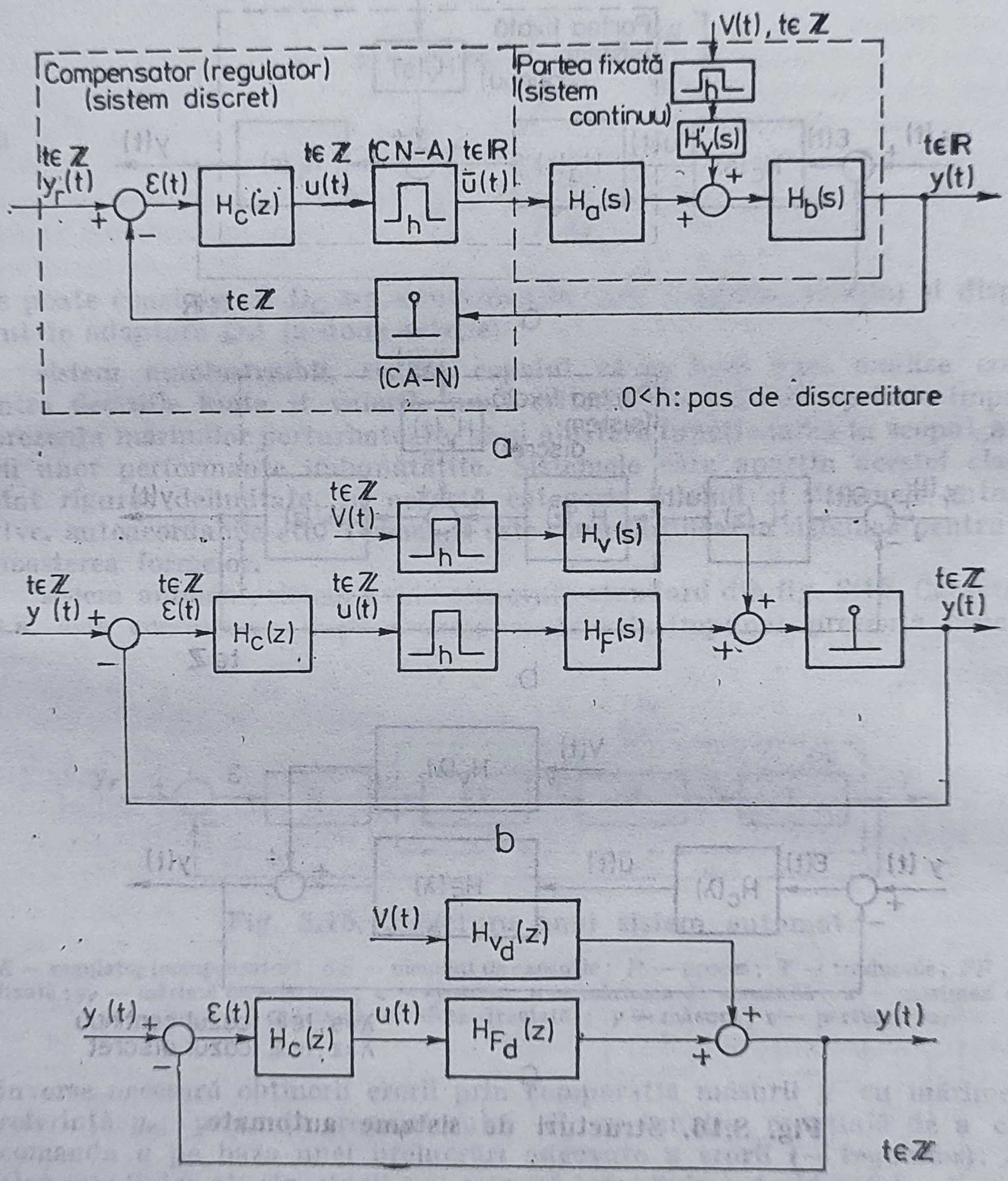


Fig. S.17. Reprezentări continuu/discret ale unui sistem automat.

al perturbației v definită pe $\mathbb{R}$ (funcție continuă) nu se poate evidenția o funcție de transfer în z de la v pînă la măsura y. După redesenarea s.a. ca în fig. S.17, *b*, partea continuă se poate reprezenta prin → **discretizare**, ca sistem discret obținîndu-se o structură identică cu cea din fig. S.16, *c* pe

care se raţionează în continuare, indicele „d'' (indicînd discretizarea unui sistem continuu) considerîndu-se ca subînţeles în cazul particular reprezentat în fig. S.17, c. Se obţine

$$y(\lambda) = \frac{H_c(\lambda)H_F(\lambda)}{1 + H_c(\lambda)\,H_F(\lambda)}\,y_r(\lambda) + \frac{H_v(\lambda)}{1 + H_c(\lambda)H_F(\lambda)}\,v(\lambda) \tag{1}$$

respectiv

$$\varepsilon(\lambda) = \frac{1}{1 + H_c(\lambda)H_F(\lambda)}\,y_r(\lambda) - \frac{H_v(\lambda)}{1 + H_c(\lambda)H_F(\lambda)}\,v(\lambda) \tag{2}$$

în care se notează: $H(\lambda) \stackrel{\Delta}{=} H_c(\lambda)H_F(\lambda)$ funcţia de transfer a căii directe (sau în circuit deschis), $H_0(\lambda) \stackrel{\Delta}{=} \dfrac{H(\lambda)}{1 + H(\lambda)}$ funcţia de transfer în circuit, închis (mai precis funcţia de transfer de la referinţă pînă la ieşirea **s.a.**) $H_{0v}(\lambda) \stackrel{\Delta}{=} \dfrac{H_v(\lambda)}{1 + H(\lambda)}$ funcţia de transfer de la perturbaţie pînă la ieşirea **s.a.** şi $H_\varepsilon(\lambda) \stackrel{\Delta}{=} \dfrac{1}{1 + H(\lambda)}$ funcţia de transfer a comparatorului (a erorii) sau mai exact, funcţia de transfer de la referinţă pînă la eroarea **s.a.** Evident că $\lambda = s$ sau $\lambda = z$ după cum sistemul este continuu sau discret.

Considerînd că $H_F(\lambda) = \dfrac{R_F(\lambda)}{P_F(\lambda)}$, $H_c(\lambda) = \dfrac{R_c(\lambda)}{P_c(\lambda)}$

se deduce că

$$H_0(\lambda) = \frac{R_c(\lambda)R_F(\lambda)}{P_c(\lambda)R_F(\lambda) + R_c(\lambda)R_F(\lambda)} \stackrel{\Delta}{=} \frac{R_0(\lambda)}{\chi(\lambda)} \tag{3}$$

adică stabilitatea externă a **s.a.** este o problemă de localizare a elementelor mulţimii $\mathfrak{Z}\{H_0(\lambda)\} = \mathfrak{Z}\{\chi(\lambda)\}$, reprezentînd polii **s.a.**, în planul variabilei (complexe) λ. Pentru ca **s.a.** să fie şi intern stabil condiţia de localizare a $\mathfrak{Z}\{H_0(\lambda)\}$ trebuie completată cu aceea de ireductibilitate a raţionalelor $H_F(\lambda)$, $H_c(\lambda)$ şi $H(\lambda)$, sau mai exact ireductibilitatea singularităţilor (poli — zerouri) instabile ale acestor raţionale (→ **stabilitate**).

Referitor la condiţia de reglare a **s.a.**, fie

$$\mathcal{V} \stackrel{\Delta}{=} \left\{ v \,\middle|\, v(\lambda) = \frac{a_v(\lambda)}{\mu_v(\lambda)},\ \forall a_v(\lambda) \in \mathbb{R}[\lambda],\ \partial[a_v] < \partial[\mu_v] \right\} \tag{4}$$

$$\mathcal{Y}_r \stackrel{\Delta}{=} \left\{ y_r \,\middle|\, y_r(\lambda) = \frac{a_r(\lambda)}{\mu_r(\lambda)},\ \forall a_r(\lambda) \in \mathbb{R}[\lambda],\ \partial[a_r] < \partial[\mu_r] \right\} \tag{5}$$

două familii de funcţii ce reprezintă semnalele externe (exogene) **s.a.**, cazul interesant fiind acela în care aceste semnale sînt persistente (adică zerourile lui $\mu_r(\lambda)$ şi $\mu_v(\lambda)$ sînt instabile, deoarece în cazul semnalelor externe nepersistente condiţia de stabilitate internă a **s.a.** va asigura şi îndeplinirea condiţiei de

reglare. Se constată că, prin fixarea polinoamelor $\mu_v(\lambda)$, $\mu_r(\lambda)$ se precizează clasa de funcţii ce reprezintă semnalele externe s.a., iar prin alegerea polinoamelor $a_r(\lambda)$, $a_v(\lambda)$ se particularizează un element al claselor respective. De asemenea, în general, se raţionează cu clasa de funcţii $\varepsilon = \mathcal{V} \cup \mathcal{Y}$ ceea ce revine la a considera că semnalele externe, notate cu $e(t)$, sînt de tipul

$$e(\lambda) = \frac{a(\lambda)}{\mu(\lambda)}, \ \forall a(\lambda)$$

$$\partial[a(\lambda)] < \partial[\mu(\lambda)] \text{ şi } \mu(\lambda) = \text{c.m.m.m.c. } \{\mu_v(\lambda), \ \mu_r(\lambda)\}$$

Referitor la cele arătate anterior, dacă, de exemplu $\lambda = s$,

$$\mu(s) = s^3, \ a(s) = a_2 s^2 + a_1 s + a_0$$

se deduce că

$$e(s) = \frac{a_2}{s} + \frac{a_1}{s^2} + \frac{a_0}{s^3} \tag{6}$$

adică

$$e(t) = \left(a_2 + a_1 t + \frac{a_0}{2} t^2\right) 1(t) \tag{7}$$

şi deci se generează familia de semnale externe de tip polinom de grad mai mic sau egal cu 2, un element al acestei clase obţinîndu-se prin fixarea polinomului $a(s)$, adică a coeficienţilor a_0, a_1, a_2. Astfel dacă $a_2 = 1$, $a_0 = a_1 = 0$ se obţine treapta unitate $1(t)$ etc. Va rezulta, pe baza relaţiilor (2), (4), (5), că

$$\varepsilon(\lambda) = \frac{P_c(\lambda)\, P_F(\lambda)}{P_c(\lambda) P_F(\lambda) + R_c(\lambda) R_F(\lambda)} \cdot \frac{a_r(\lambda)}{\mu_r(\lambda)} -$$

$$- \frac{R_v(\lambda)\, P_c(\lambda) P_F(\lambda)}{P_v(\lambda)\,[P_c(\lambda) P_F(\lambda) + R_c(\lambda)\, R_F(\lambda)]} \cdot \frac{a_v(\lambda)}{\mu_v(\lambda)} \tag{8}$$

şi unde

$$H_v(\lambda) \stackrel{\Delta}{=} \frac{R_v(\lambda)}{P_v(\lambda)} = H'_v(\lambda) H_b(\lambda) = \frac{R'_v(\lambda) \cdot R_b(\lambda)}{P'_v(\lambda) \cdot P_b(\lambda)} \tag{9}$$

cu $H_b(\lambda)$ oricare (aplicarea perturbaţiei poate să fie oriunde în cadrul părţii fixate), dar satisfăcînd egalitatea:

$$H_F(\lambda) = H_a(\lambda) H_b(\lambda) \tag{10}$$

Din (8) rezultă că îndeplinirea condiţiei de reglare, $\lim_{t \to \infty} \varepsilon(t) = 0$ la orice semnale $y_r(t)$, $v(t)$ din familiile $\mathcal{Y}_r$ şi $\mathcal{V}$, în condiţiile în care $H_b(\lambda)$ este oricare, impune ca $P_c(\lambda)$ să se dividă cu $\mu_v(\lambda)$ şi $\mu_r(\lambda)$ adică compensatorul să conţină un model intern al semnalelor externe (principiul modelului intern), polii modelului intern să nu fie simplificaţi de zerourile lui $H_F(\lambda)$ (necoincidenţa zerourilor

de transmisie cu polii modelului intern) și evident **s.a.** să fie intern stabil (→ **problema reglării**). În consideraţiile făcute anterior, s-a presupus că $H'_v(\lambda)$ este strict stabilă, în caz contrar, în mod uzual clasa $\mathcal{V}$, se completează cu elemente ce corespund polilor instabili din $H'_v(\lambda)$. Cum existenţa unui **s.a.** este indisolubil legată de condiţia de reglare, denumirea corectă a acestuia este sistem de reglare automată. După cum se constată, satisfacerea condiţiei de reglare se poate realiza numai în cadrul structurii de **s.a.** adică prin prezenţa unei reacţii informaţionale după măsura y, a unui comparator care să furnizeze eroarea ε și printr-o prelucrare corespunzătoare a acesteia în cadrul compensatorului. Se menţionează, de asemenea, că determinarea completă a compensatorului (în speţă a funcţiei de transfer $H_c(\lambda)$) se face pe baza considerentului ca **s.a.** să satisfacă, pe lîngă condiţia de reglare, o serie de → **indici de calitate** a răspunsului, stabiliţi în general din considerente tehnologice.

sistem complet de funcţii booleene, sistem de funcţii booleene care au, separat sau împreună, proprietăţile: de a păstra unitatea $f(1,\ldots,1) = 1$; de a păstra nulul $f(0,0,\ldots,0) = 0$; de dualitate $f(x_1, x_2,\ldots,x_n) = \bar{f}(\bar{x}_1, \bar{x}_2,\ldots,\bar{x}_n)$; de monotonie $f(x_1,\ldots,x_n) \leqslant f(x'_1,\ldots,x'_n)$ dacă pentru orice $i=1,\ldots,n$, $x_i \leqslant x'_i$; de liniaritate $f(x_1, x_2,\ldots,x_n) = a_0 \oplus a_1x_1 \oplus \ldots \oplus a_n x_n$ $a_i = \{0, 1\}$, $i = 1, 2,\ldots,n$. Cu un sistem funcţional complet se poate realiza efectiv orice structură logică.

sistem cu parametri distribuiţi, sistem dinamic caracterizat prin aceea că mărimile aferente depind atît de timp, cît și de o coordonată geometrică. **cu p. d.** sînt descrise de ecuaţii cu derivate parţiale. Complementara acestei clase de sisteme o formează sistemele denumite „cu parametri concentraţi".

sistem de conducere, entitate compusă dintr-un echipament și un sistem de programe destinate conducerii proceselor. În prima sa fază **s. de c.** a îmbrăcat forma calculatorului de proces (→ **calculator de proces**). Ca urmare a dezavantajelor acestuia (lipsă de fiabilitate datorită unităţii centrale unice, capacitate de calcul insuficientă datorită cerinţelor de prelucrare în timp real, dificultăţi privind funcţionarea în condiţii dificile de mediu) calculatoarele de proces au fost înlocuite de **s. de c.** avînd structura din fig. S.18. La

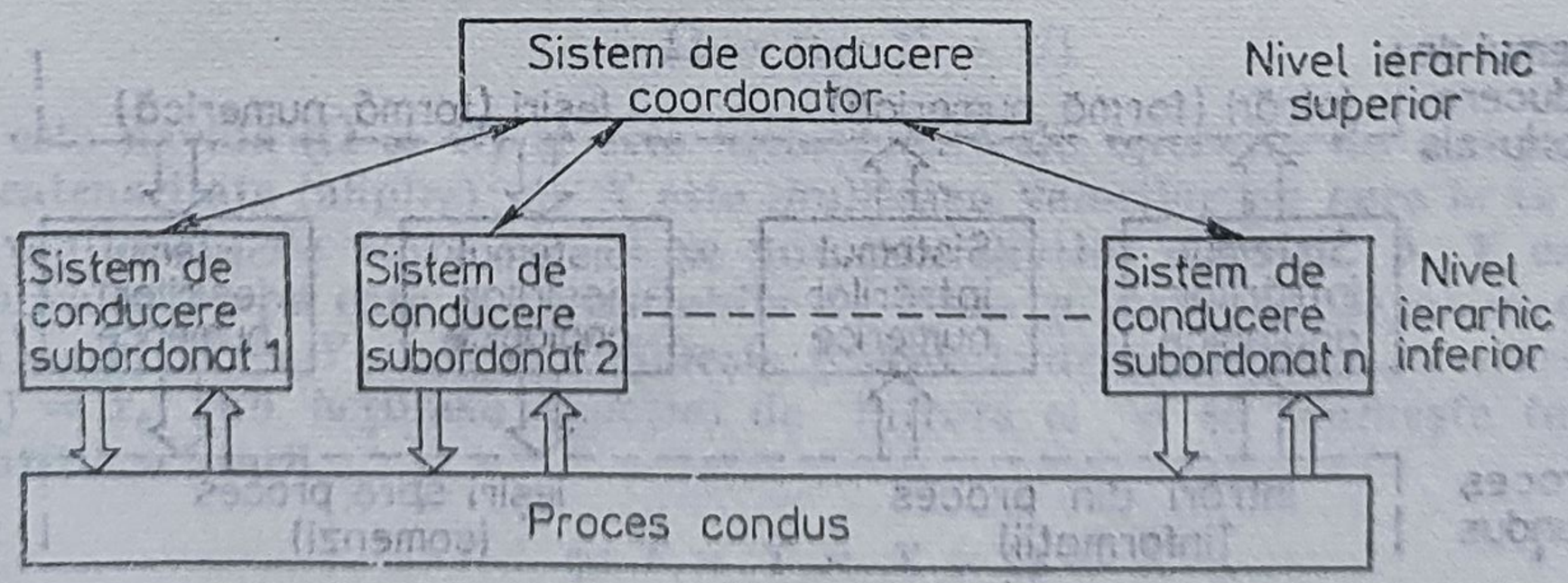


Fig. S.18. Sistem de conducere a proceselor.

nivelul ierarhic inferior se găsesc **s. de c.** subordonate, care asigură, în principal, colectarea datelor (→ **colectare de date**), prelucrarea primară a acestora (→ **prelucrare primară**) și conducerea unui subproces din cadrul procesului condus. **S. de c.** subordonate sînt dotate cu o consolă simplă a operatorului de proces (→ **consola operatorului de proces**) și, în majoritatea covîrșitoare

a cazurilor, sînt realizate în jurul unuia sau mai multor microprocesoare → **microprocesor**). **S. de c.** subordonate nu sînt microcalculatoare prevăzute cu sisteme de interfață de proces (→ **sistem de interfață**), ci sînt proiectate și realizate pe baza cerințelor specifice conducerii proceselor și nu a unor aplicații de tip calculator universal. Întrucît în conducerea subproceselor pot apărea conflicte între **s. de c.** subordonate, la nivelul ierarhic superior se află **s. de c.** coordonator, care are rolul de a asigura funcționarea în armonie a **s. de c.** în ansamblu. **S. de c.** coordonator implementează strategia globală de conducere a procesului prin transmiterea spre **s. de c.** subordonate de mărimi de coordonare, primind de la acestea reacții informaționale. În afară de această funcție, **s. de c.** coordonator oferă operatorului de proces posibilitatea monitorizării de ansamblu sau de detaliu a întregului proces condus. Forma de realizare a **s. de c.** coordonator depinde de destinația **s. de c.** Pentru procese de largă distribuție geografică (cum sînt cele din industriile chimică, energetică, etc.) **s. de c.** se realizează într-o formă distribuită geografic. În acest caz **s. de c.** coordonator are adesea forma unui minicalculator prevăzut cu o consolă adecvată, iar legăturile între niveluri sînt de tip serial. De obicei, un astfel de **s. de c.** se numește **s. de c.** *distribuit* (→ **sistem distribuit**), noțiune ce presupune distanțe geografice cel puțin de ordinul metrilor între elementele componente ale **s. de c.** Pentru procese de complexitate, dar care se întind pe arii limitate (cum este cazul conducerii numerice a mașinilor unelte sau al roboților industriali), **s. de c.** subordonate sînt realizate sub formă de plachete cu cablaj imprimat ce se află în același sertar cu **s. de c.** coordonator, constituind adesea un **s. de c.** multiprocesor.

sistem de fază minimă (neminimă) → **problema Bode**

sistem de interfață, ansamblu format din echipamente și programe destinat cuplării între două sisteme cu caracteristici diferite (de ex., între un calculator și perifericele acestuia). **S. de i.** de proces este destinat interfațării între procesul condus și sistemul de conducere propriu-zis. **S. de i.** de proces se compune din sistemul intrărilor analogice, sistemul intrărilor numerice, sistemul ieșirilor analogice, sistemul ieșirilor numerice (fig. S.19). (→ **sistemul intrărilor analogice**, → **sistemul intrărilor numerice**, → **sistemul ieșirilor analogice**, → **sistemul ieșirilor numerice**).

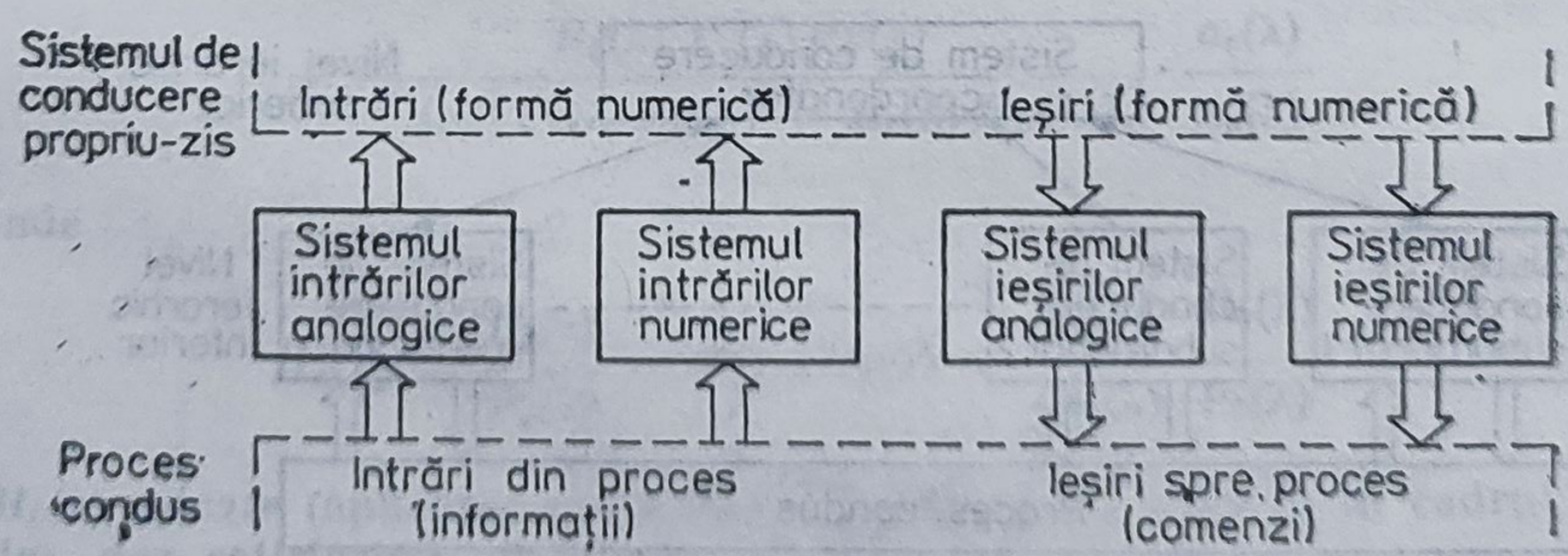


Fig. S.19. Sistem de interfață de proces.

sistem de operare, sistem de programe destinat utilizării eficiente a resurselor unui sistem de conducere. Principalele caracteristici ale **s. de o.** aferente sistemelor de conducere sînt date de: necesitatea de funcționare în timp real (→ **timp real**); necesitatea de a aloca resursele sistemului unuia din mai mulți solicitatori simultani, alocare făcută, de regulă, pe baza unor priori-

tăţi fixe sau variabile; necesitatea de a asigura păstrarea integrităţii bazei de date a sistemului de conducere; necesitatea de a oferi facilităţi de autotestare a sistemului de conducere. Considerentele anterioare dictează implementarea **s. de o.** cu luarea în considerare a unor semnale de întreruperi (de nivel fix sau variabil) (→ **întrerupere**) furnizate de evenimente din procesul condus sau de către ceasul de timp real al sistemului de conducere. Pentru soluţionarea problemelor de concurenţă pentru resurse comune între mai mulţi solicitanţi se utilizează mecanisme de tip semafor. Uneori **s. de o.** sînt numite şi monitoare (→ **monitor**).

sistem de programe de aplicaţii, componentă a sistemului de programe al unui sistem de conducere care particularizează sistemul de conducere universal (compus din echipament de conducere şi sistem de programe de bază) la caracteristicile unui anumit proces condus. În general, acest sistem constă din module care îndeplinesc funcţiile specifice de conducere: colectarea şi protocolectarea datelor; evaluarea comenzilor în conformitate cu algoritmii de conducere; comunicarea cu operatorul de proces etc.

sistem de programe de bază, componentă a sistemului de programe al unui sistem de conducere destinat transformării echipamentului de conducere într-un sistem de conducere universal, utilizabil, în principiu, într-o largă gamă de aplicaţii. În general, aceste sisteme se asimilează în bună măsură cu sistemul de operare (→ **sistem de operare**) şi includ: facilităţi de funcţionare în timp real; facilităţi de colectare a datelor şi prelucrarea primară a acestora (→ **prelucrare primară**); biblioteci de programe pentru conversii, calcule aritmetice, evaluări de funcţii; facilităţi de interfaţare cu periferice generale sau consola operatorului de proces.

sistem dinamic, octuplul

$$S = (T,\ U,\ \Omega,\ X,\ Y,\ \Gamma,\ \varphi,\ \eta)$$

în care:

1. T este mulţimea de valori pe care le ia variabila independentă timp şi care este o submulţime a numerelor reale, ordonată natural ($\leqslant$); 2. U este mulţimea valorilor pe care le ia variabila de intrare u; 3. Ω este clasa funcţiilor de intrare acceptate de sistem

$$\Omega = \{\omega : T \to U\}$$

Ea este nevidă ($\Omega \neq \varnothing$) şi este închisă faţă de operaţia de compunere prin concatenaritate (alipire); 4. X este mulţimea valorilor pe care le ia variabila convenţională de stare $x(t)$ şi se numeşte spaţiul stărilor; 5. Y este mulţimea valorilor pe care le ia variabila de ieşire y, descrisă de clasa de funcţii 6. $\Gamma = \{\gamma : T \to Y\}$; 7. φ defineşte procesul de modificare a stării iniţiale $x(t_0) = x_0$ sub acţiunea funcţiei de intrare ω şi se numeşte funcţia de tranziţie a stării

$$\varphi : T \times T \times X \times \Omega \to X$$

Egalitatea

$$x(t) = \varphi(t;\ t_0,\ x_0,\ \omega)$$

arată că starea la momentul t depinde de x_0 şi de întreaga istorie a procesului explicitată prin introducerea variabilei funcţionale ω (mai exact $\omega_{[t_0,\ t]}$). φ are următoarele proprietăţi:

a) orientabilitate: este definită pentru orice $t \geqslant t_0$

b) consistenţă: $\varphi(t;\ t,\ x,\ \omega) = x;\ \forall t \in T,\ x \in X$

c) compozabilitate: pentru $t_1 < t_2 < t_3$, $\omega \in \Omega$, $x \in X$ se obţine

$$\varphi(t_3; t_1, x, \omega) = \varphi(t_3; t_2, \varphi(t_2; t_1, x_1, \omega), \omega)$$

d) cauzalitate: dacă $\omega, \overline{\omega} \in \Omega$ şi $\omega_{[t_0, t)} = \overline{\omega}_{[t_0, t)}$ atunci

$$\varphi(t; t_0, x_0, \omega) = \varphi(t; t_0, x_0, \overline{\omega}); \ \forall t \geq t_0$$

8. η exprimă evoluţia mărimii de ieşire ca rezultat al evoluţiei mărimi de stare, printr-o conexiune instantanee:

$$\eta: T \times X \to Y$$

$$y(t) = \eta(t, x(t))$$

şi se numeşte funcţia de tranziţie a ieşirii. Faptul că în η nu apare funcţia de intrare ω arată că tranziţia cauzală intrare/ieşire ($\omega \to y$) este factorizată nebanal prin spaţiul de stare

$$\omega \xrightarrow{\varphi} x \xrightarrow{\eta} y(t)$$

şi deci tranziţia directă $\omega \to \gamma$ este dată de compunerea

$$F = \eta \circ \varphi$$

unde

$$F: T \times T \times X \times \Omega \to Y$$

este dată de egalitatea

$$y(t) = F(t; t_0, x_0, \omega) = \eta(t, \varphi(t; t_0, x_0, \omega))$$

Ultima egalitate arată că tranziţia intrare/ieşire depinde nu numai de cauza externă ω ci şi de faza iniţială (x_0, t_0), care este o mărime internă specifică sistemului. Dar $\mathcal{F}$ defineşte şi o clasă de aplicaţii de tipul

$$(t, \omega) \to f_{(t_0, x)}$$

unde

$$f_{(t_0, x_0)}|(t, \omega) = F(t; t_0, x_0, \omega)$$

Clasa de funcţii (ce evidenţiază numai efectul cauzal)

$$\mathcal{F} = \{f_{(t_0 x_0)} / (t_0, x_0) \in T \times X\}$$

se numeşte clasa intrare/ieşire cu care se poate introduce o nouă definiţie a conceptului de **s.d.**, în sensul intrare/ieşire (conceptul de „cutie neagră" (black box)): un sistem este definit de sextetul de entităţi

$$S_{i/e} = (T, U, \Omega, Y, \Gamma, \mathcal{F})$$

în care T, U, Ω, Y, Γ au aceleaşi semnificaţii ca anterior, iar $\mathcal{F}$ este clasa de funcţii intrare/ieşire constituită în exclusivitate pe baze experimentale prin acceptarea apriorică a cauzalităţii. Conceptul de sistem este rezultatul unui proces de abstractizare a sumei de cunoştinţe referitoare la procesele (industriale) supuse conducerii pentru că în definitiv un **s.d.** nu reprezintă altceva decît un model matematic abstract al unui proces fizic realizabil.

Prin particularizarea entităţilor cu care s-a definit conceptul de **s.d.**, se obţin clase particulare şi anume:

1. dacă $T = \mathbb{R}$, **s.d.** se zice (cu timp) continuu ;
2. dacă $T = \mathbb{Z}$, **s.d.** se zice (cu timp) discret ;
3. dacă X este un spaţiu liniar de dimensiune finită, este cazul unui **s.d.** finit dimensional ;

— dacă X este o mulţime finită, se obţine un **s.d.** cu număr finit de stări

4. **s.d.** netede sînt acele sisteme la care:

a) $T = \mathbb{R}$ (este continuu)
b) X, Ω sînt spaţii topologice
c) aplicaţia

$$(t_0, x_0, \omega) \to \varphi(., t_0, x_0, \omega)$$

este continuă de la $T \times X \times \Omega$ în C^1, adică $\varphi(., t_0, x_0, \omega)$ este o funcţie continuă cu derivată continuă şi continuă în raport cu t_0, x_0, ω în topologia produsului $T \times X \times \Omega$

S·d. netede se identifică cu acele sisteme care primesc descrierea (de stare)

$$\frac{\mathrm{d}x(t)}{\mathrm{d}t} = f(t, x(t), u(t))$$

$$y(t) = g(t, x(t))$$

5. **s d.** liniare reprezintă clasa particulară de **s.d.** la care:

a) Ω, U, X, Γ sînt spaţii liniare
b) $\varphi(t; t_0, ., .)$: $X \times \Omega \to X$ este liniară pentru $\forall t, t_0 \in T$
c) $\eta(t, .)$: $X \to X$ este liniară pentru $\forall t \in T$

În cazurile în care cel puţin una din aceste condiţii (a, b sau c) nu se îndeplineşte, **s.d.** se numeşte neliniar.

Proprietatea remarcabilă de liniaritate face ca această clasă să fie cea mai exploatată clasă de **s.d.** Ele se caracterizează prin reprezentarea (de stare)

$$\frac{\mathrm{d}x(t)}{\mathrm{d}t} = A(t)\, x(t) + Bu(t)$$

$$y(t) = C(t)x(t)\,; \quad t \in \mathbb{R}$$

în cazul continuu (variant) şi

$$x(t+1) = A(t)x(t) + B(t)u(t)$$

$$y(t) = C(t)x(t)\,; \quad t \in \mathbb{Z}$$

în cazul discret (variant).

6. **s.d.** invariante în timp, corespund următoarelor particularităţi:

a) T este grup abelian ;
b) Ω este închisă faţă de operatorul de transfer în timp z^τ definit prin

$$z^\tau : \omega \to \omega' \text{ cu } \omega'(t) = \omega(t + \tau)\,;$$

c) $\varphi(t; t_0, x_0, \omega) = \varphi(t + s;\ t_0 + s,\ x_0,\ z^{-s}\ \omega)$, $\forall s \in T$
d) $\eta(t, .)$: $X \to Y$ nu depinde de t.

Altfel spus, în cazul **s.d.** invariante în timp, răspunsul corespunzînd aceleeaşi condiţii iniţiale x_0 nu depinde de poziţionarea pe axa t a segmentului de intrare $\omega_{[t_0, t)}$ şi de aceea în cazul acestor sisteme se alege întotdeauna $t_0 = 0$. Practic invarianţa în timp revine la aceea că ecuaţiile de stare nu conţin explicit variabila independentă timp (t). **S.d.** care nu satisfac condiţiile de invarianţă menţionate se numesc *variante în timp*.

sistem distribuit, sistem de conducere ale cărui componente sînt separate de distanţe geografice de ordinul metrilor (ajungînd pînă la mii de metri) comunicaţia între acestea făcîndu-se, de regulă, pe legături seriale (→ **sistem de conducere**).

sistem hiperstabil, sistem dinamic liniar cu o intrare şi o ieşire

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + bu(t)$$

$$y(t) = c^T x(t) + du(t)$$

căruia ataşîndu-i indicele

$$J(0, t_f) = \int_0^{t_f} 2u(t)y(t)\,dt, \quad t_f \geqslant 0$$

există $\beta_1, \beta_2 > 0$ astfel încît

$$\beta_1 \|x(t_f)\|^2 \leqslant J(0, t_f) + \beta_2 \|x(0)\|^2$$

pentru orice pereche $x(.)$, $u(.)$ ce verifică ecuaţiile sistemului şi pentru oricare $t_f \geqslant 0$. Noţiunea de **s.h.** (respectiv → **hiperstabilitate**) apare în legătură cu problema de → **stabilitate absolută** a sistemelor neliniare.

sistem interfaţă ieşiri analogice, componentă a sistemului de interfaţă destinată transmiterii spre proces a comenzilor în formă analogică, elaborate în urma rulării programelor ce implementează algoritmii de conducere. **S.i.i.a.** conţine, în versiunile moderne, cîte un convertor numeric-analogic (*CNA*) (→ **convertor numeric-analogic**) pentru fiecare canal de ieşire (fig. S.20)

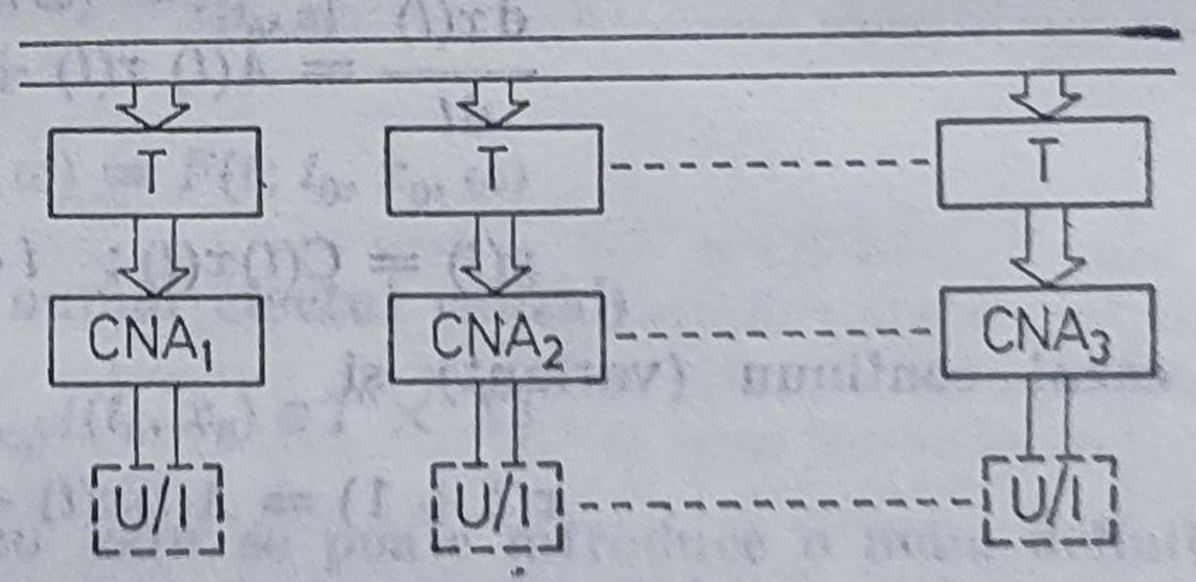


Fig. S.20. Structura sistemului ieşirilor analogice.

Tampoanele *T* păstrează valoarea numerică a comenzii. În unele cazuri ieşirea *CNA* (semnal tip tensiune) este convertită în semnal unificat de curent prin convertor *U/I*.

sistem interfaţă ieşiri numerice, componentă a sistemului de interfaţă destinată transmiterii spre proces a comenzilor numerice. Comenzile sînt de formă binară (de regulă cu un singur rang), tren de impulsuri, frecvenţă de impulsuri durată de impuls. Adesea **s.i.i.n.** conţine şi amplificatoare de putere şi circuite de separare galvanică.

sistem interfaţă intrări analogice, componentă a sistemului de interfaţă destinată interfaţării sistemului de conducere cu semnalele analogice din proces.

Acestea se pot prezenta sub formă de semnale de curent (2—10 mA, 4—20 mA etc.) sau de tensiune (de nivel mic: 10—20 mV; de nivel mediu: 0—10 V, ± 10; de nivel mare 0—100 V, tensiune continuă sau alternativă). Principalele elemente componente ale **s.i.i.a.** sînt (fig. S.21): echipamentul de joncțiune (*EJ*), destinat conectării la **s.i.i.a.** a conductoarelor transportînd informațiile analogice din proces; elementele de tratare primară a informației (*ETP*), destinate unor prelucrări ce nu necesită amplificări ale semnalelor analogice (conversii curent-tensiune, filtrare etc.); multiplexorul (→ **multiplexor**) (*MUX*), necesar selectării unuia din cele *n* canale de informații analogice; amplificatorul (*A*) (→ **amplificator**), care adaptează nivelul semnalului de intrare selectat și impedanța canalului respectiv la caracteristicile elementelor ce urmează; elementul de eșantionare și reținere (*EER*) avînd funcția de a păstra constantă valoarea eșantionului de tensiune pe durata conversiei analog-numerice; convertorul analog-numeric (*CAN*), care convertește în formă numerică valoarea analogică a informației pe canalul selectat; tamponul (*T*) necesar conectării ieșirii *CAN* la magistrala sistemului de conducere, blocul de comandă (*BC*), care asigură desfășurarea ordonată a operațiilor în cadrul **s.i.i.a.**

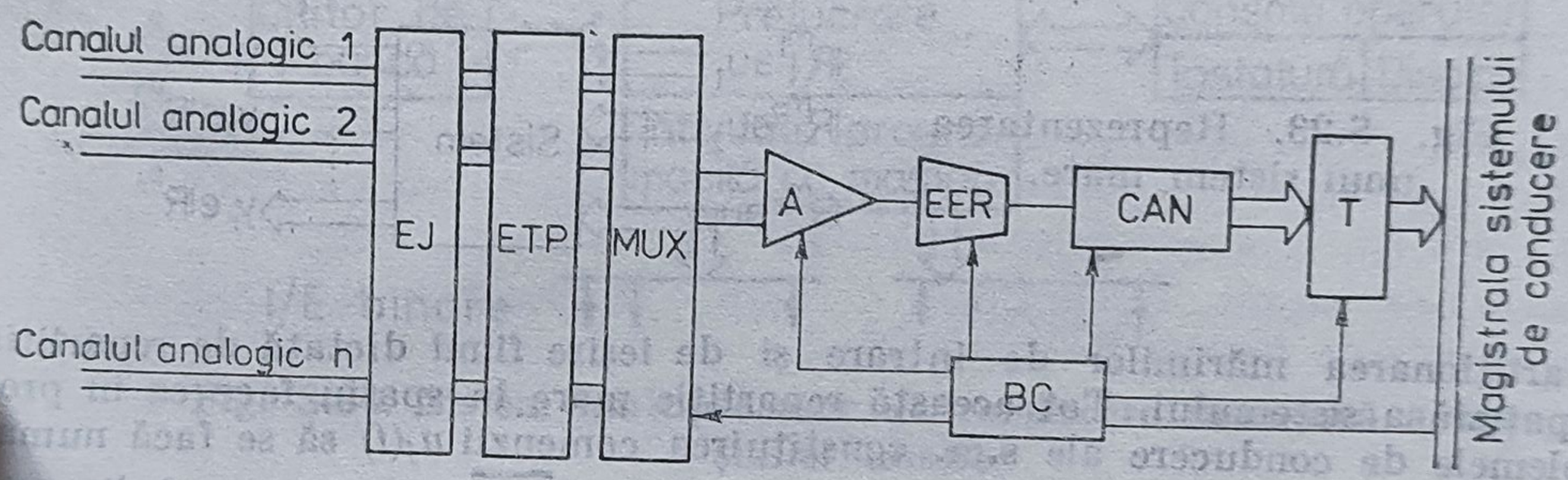


Fig. S.21. Structura sistemului intrărilor analogice.

sistem interfață intrări numerice, componentă a sistemului de interfață destinată colectării din proces a informațiilor în formă numerică (semnale binare cu unul sau mai multe ranguri, tren de impulsuri) sau cvasinumerică (durată de impuls, frecvența impulsurilor). În componența **s.i.i.n.** (fig. S.22) intră echipamentul de joncțiune (*EJ*) pentru racordarea la **s.i.i.n.** a conductoarelor ce transportă informația din proces; elementele de tratare primară a informației (*ETP*), care realizează separarea galvanică filtrarea și protecția la

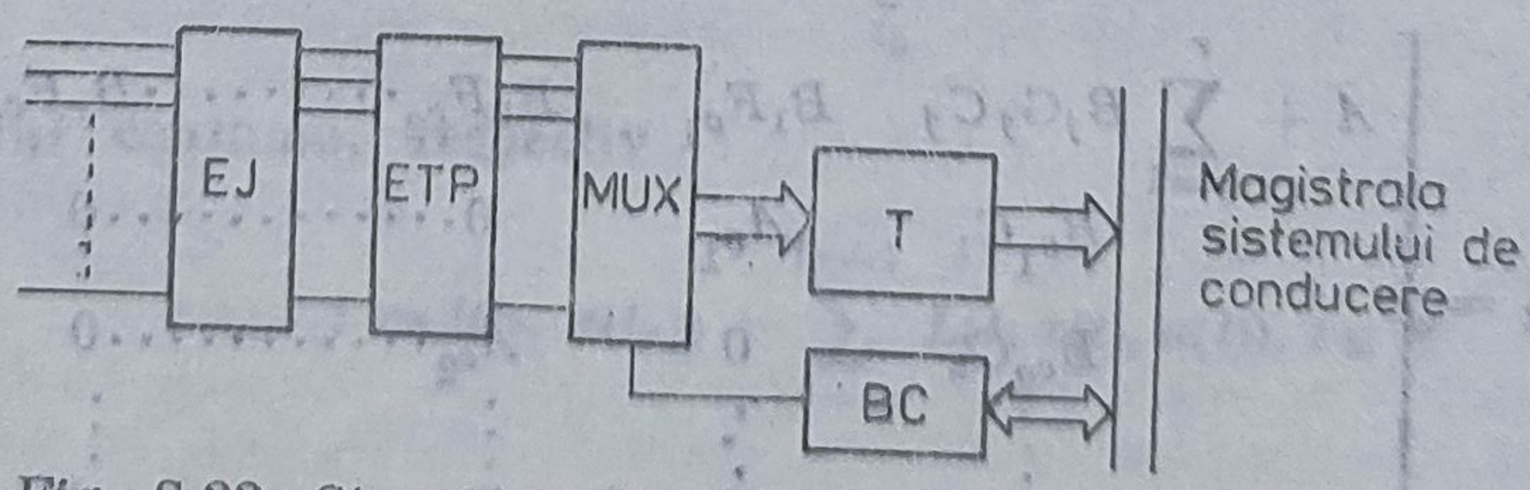


Fig. S.22. Structura sistemului intrărilor numerice.

supratensiuni; multiplexorul (*MUX*) prin intermediul căruia se selectează un semnal (sau un grup de semnale); tamponul (*T*) de conectare la magistrala

sistemului de conducere; blocul de comandă (*BC*), care asigură secvenţierea corectă a operaţiilor în cadrul **s.i.i.n.**

sistem mare, sistem de tipul celui prezentat în fig. S.23, avînd reprezentarea (de stare):

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + [B_1\ B_2 \ldots B_r] \begin{bmatrix} u_1(t) \\ u_2(t) \\ \vdots \\ u_r(t) \end{bmatrix}$$

$$y_1(t) = C_1x(t) \qquad (1)$$

$$y_2(t) = C_2x(t)$$

$$\ldots\ldots\ldots$$

$$y_r(t) = C_rx(t)$$

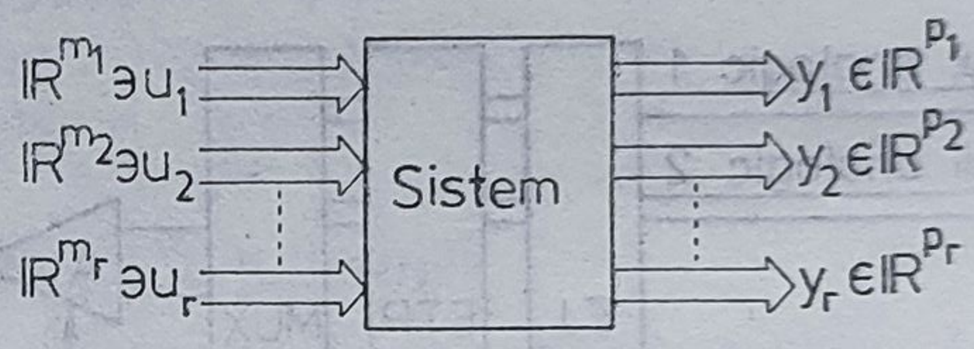


Fig. S.23. Reprezentarea unui sistem mare.

partiţionarea mărimilor de intrare şi de ieşire fiind dictată de repartiţia spaţială a sistemului. Tot această repartiţie mare în spaţiu face ca în problemele de conducere ale **s.m.** constituirea comenzii $u_j(t)$ să se facă numai pe baza mărimii $y_j(t)$, adică pentru canalul $j = \overline{1, r}$ compensatorul dinamic are reprezentarea

$$\dot{x}_{c_j}(t) = A_{c_j}x_{c_j}(t) + B_{c_j}y_j(t)$$

$$u_j(t) = F_{c_j}x_{c_j}(t) + G_{c_j}y_j(t) \qquad (2)$$

Sistemul (1), cu compensatoarele de tip (2), devine:

$$\dot{x}_R(t) = A_Rx_R(t) \qquad (3)$$

unde

$$A_R = \begin{bmatrix} A + \sum_{j=1}^{r} B_jG_jC_j & B_1F_{c_1} & B_2F_{c_2} \cdots\cdots B_rF_{c_r} \\ B_{c_1}C_1 & A_{c_1} & 0 \cdots\cdots 0 \\ B_{c_2}C_2 & 0 & A_{c_2} \cdots\cdots 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots \qquad \vdots \\ B_{c_r}C_r & 0 & 0 \cdots\cdots A_{c_r} \end{bmatrix} \qquad (4)$$

şi această structurare aduce particularităţi specifice **s.m.** Aceste sisteme se mai numesc şi sisteme descentralizate.

sistem multiprocesor de conducere numerică a maşinilor unelte, configuraţie de tip *CNC* caracterizată prin distribuirea funcţiilor de conducere între mai multe microprocesoare diferite sau de acelaşi tip, conectate la o magistrală paralelă, şi care prelucrează date numerice în vederea: cuplării cu cititorul de bandă şi consola operatorului, generării traiectoriilor prin interpolare numerică şi corecţia închiderii buclelor de poziţie şi generării referinţelor de viteză, sau a asigurării interfeţei programabile cu maşina unealtă (fig. S.24). Comunicaţia între procesoarele sistemului se face de obicei prin acces de tip

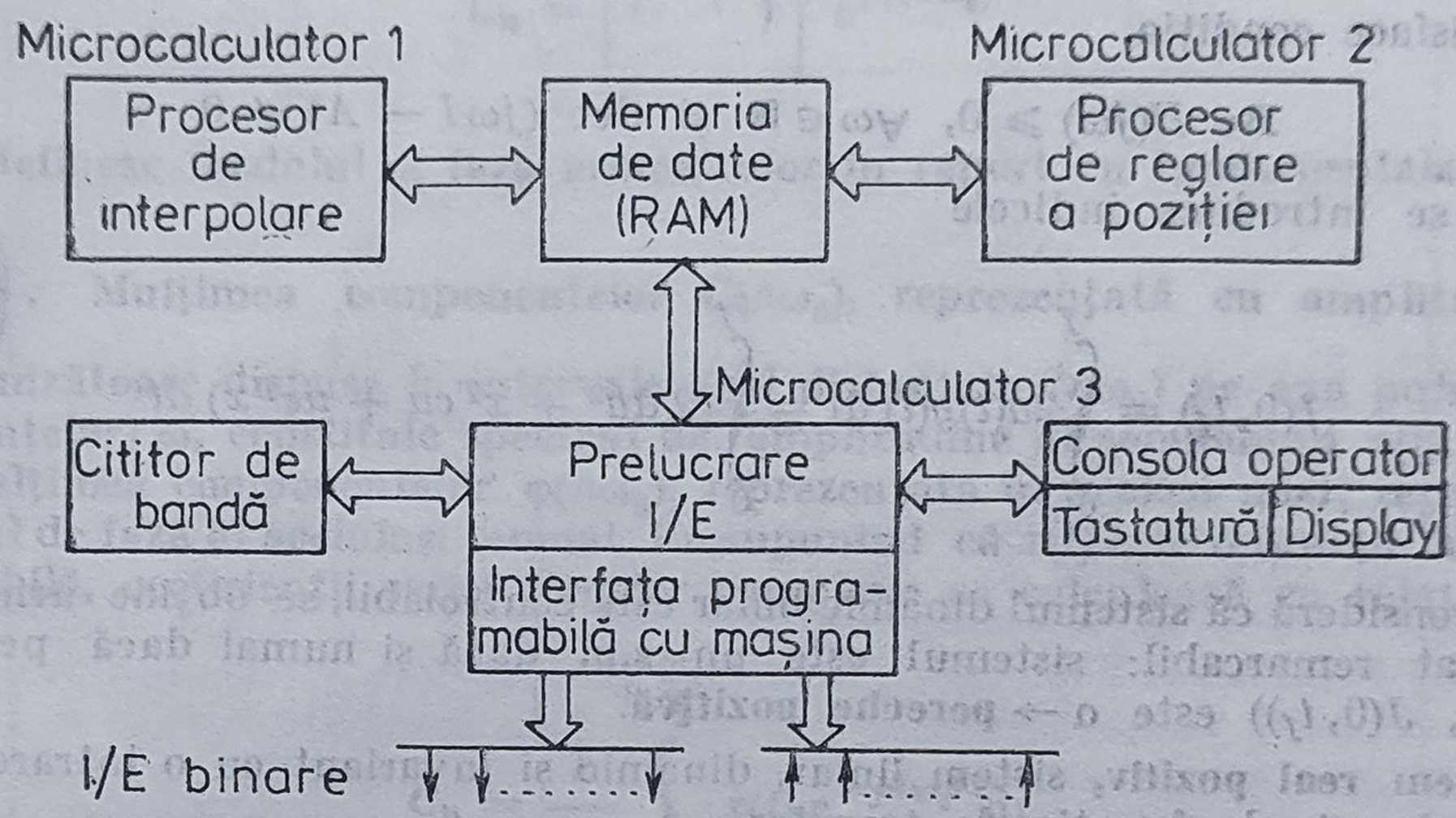


Fig. S.24. Sistem multiprocesor de conducere numerică a maşinilor unelte.

citire/scriere în memorii *RAM* cu dublu acces (intern, de la propriul microprocesor, şi extern, de la magistrală) asociate fiecărui procesor din configuraţie.

sistem optimal, sistem ce asigură minimizarea unui criteriu de optim de tipul

$$J = l(t_f, x(t_f)) + \int_{t_0}^{t_f} L(t, x(t), u(t))\, dt, \; t \in \mathbb{R}$$

în cazul continuu, respectiv

$$J = l(t_f, x(t_f)) + \sum_{t=t_0}^{t_f-1} L(t, x(t), u(t)), \; t \in \mathbb{Z}$$

în cazul discret, prin determinarea comenzii $u(t)$: $[t_0, t_f)$ numită comandă optimală (→ optimizare). Determinarea aproximativă a comenzii $u(t)$ ce asigură sistemului o traiectorie apropiată de cea optimală face ca acest sistem să se numească *sistem suboptimal.*

sistem pozitiv, caz particular al → **sistemului dinamic** liniar cu o intrare și o ieșire

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + bu(t)$$

$$y(t) = c^T x(t) + du(t), \quad t \in \mathbb{R}$$

avînd funcția de transfer

$$H(s) = d + c^T(sI - A)^{-1}b$$

ce satisface condiția

$$\operatorname{Re} H(j\omega) \geqslant 0, \quad \forall\omega \in \mathbb{R} \text{ și } \det(j\omega I - A) \neq 0$$

Dacă se introduce indicele

$$J(0, t_f) = \int_0^{t_f} 2u(t)y(t)\,\mathrm{d}t = \int_0^{t_f} (2\,\mathrm{d}u^2 + x^T cu + uc^T x)\,\mathrm{d}t$$

și se consideră că sistemul dinamic liniar este controlabil, se obține următorul rezultat remarcabil: sistemul este un **s.p.** dacă și numai dacă perechea $((A, b), J(0, t_f))$ este o → **pereche pozitivă.**

sistem real pozitiv, sistem liniar, dinamic și invariant cu o intrare și o ieșire, descris de funcția de transfer

$$H(s) = d + c^T(sI - A)^{-1}b$$

care este o funcție real pozitivă. O funcție rațională $H(s)$ se numește real pozitivă dacă

$$\operatorname{Re} H(s) \geqslant 0$$

în orice punct al semiplanului $\operatorname{Re} s > 0$ unde este definită.

sistem unificat, sistem de dispozitive, elemente și echipamente de automatizare, comenzi secvențiale, interblocări, semnalizări etc. caracterizat prin posibilitatea conectării directe a diverselor blocuri componente. Compatibilitatea elementelor unui **s.u.** este asigurată de funcționarea lor cu același tip de semnal (semnal unificat) și prin adaptarea de impedanță corespunzătoare. Exemple semnificative de **s.u.** sînt: sistemul de reglare pentru procese rapide → **UNIDIN** și sistemul de comutație statică → **UNILOG. S.u.** introduc multiple avantaje, atît în ceea ce privește exploatarea și întreținerea instalațiilor cît și producția de echipamente: a) datorită semnalului unificat este asigurată o mare elasticitate, cu un număr relativ redus de blocuri ce pot realiza prin interconectări adecvate diverse configurații de sisteme; b) este posibil un grad ridicat de interschimbabilitate, chiar între elemente de fabricații diferite, dacă funcționează cu același semnal unificat, ceea ce ușurează întreținerea și permite reducerea necesarului de rezervă; c) se pot unifica soluțiile de construcție, rezultînd premize mai bune de tipizare și uniformizare a panourilor, dulapurilor, sertarelor etc.; d) nefiind destinate unui anumit tip de aplicație **s.u.** au utilizări mult mai largi decît cele specializate, ceea ce conduce la crearea condițiilor pentru producția de serie mare.

spectrul unui semnal, totalitatea funcţiilor armonice care compun acest semnal. Orice semnal periodic poate fi descompus într-o serie Fourier sub formă complexă

$$x(t) = \sum_{n=-\infty}^{n=+\infty} C_n \, e^{jn\omega_0 t} \tag{1}$$

unde coeficienţii C_n sînt mărimi complexe

$$C_n = \left| C \quad) \right| e^{j\varphi(n\omega_0)} \tag{2}$$

care definesc modulul şi faza armonicelor în raport cu fundamentala $\left(\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0}\right)$. Mulţimea componentelor $C(n\omega_0)$, reprezentată cu amplitudinile corespunzătoare dispuse la intervale egal distanţate $(n\omega_0)$ pe axa pulsaţiilor (frecvenţelor) ω, constituie spectrul de amplitudine al semnalului $x(t)$. Similar, mulţimea componentelor $\varphi(n\omega_0)$, reprezentată în acelaşi mod, reprezintă spectrul de fază al aceluiaşi semnal. Presupunînd că $x(t)$ este o funcţie absolut integrabilă, coeficienţii seriei Fourier complexe se calculează cu relaţia

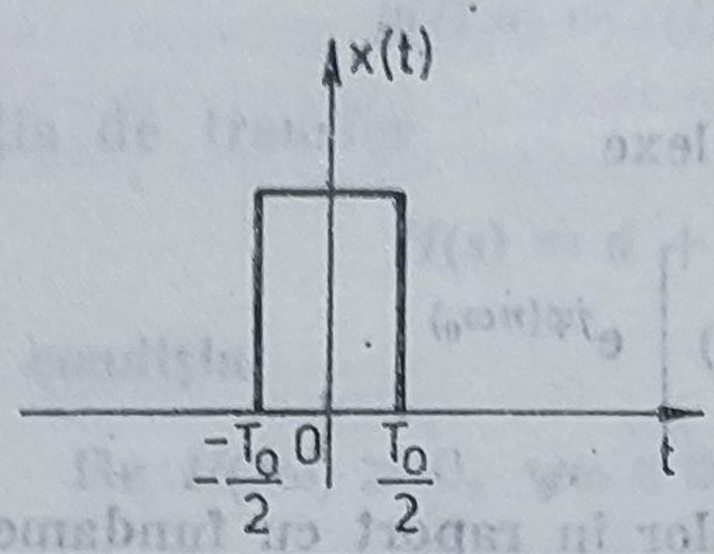
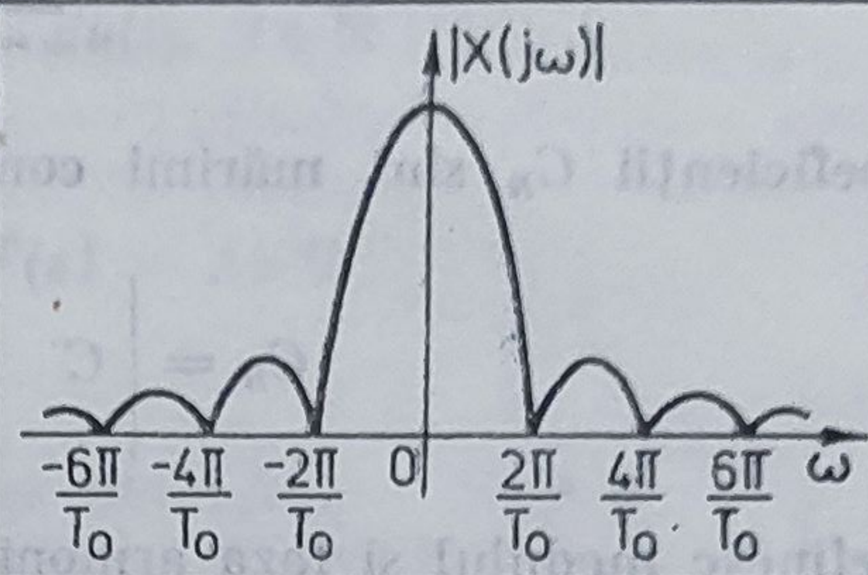
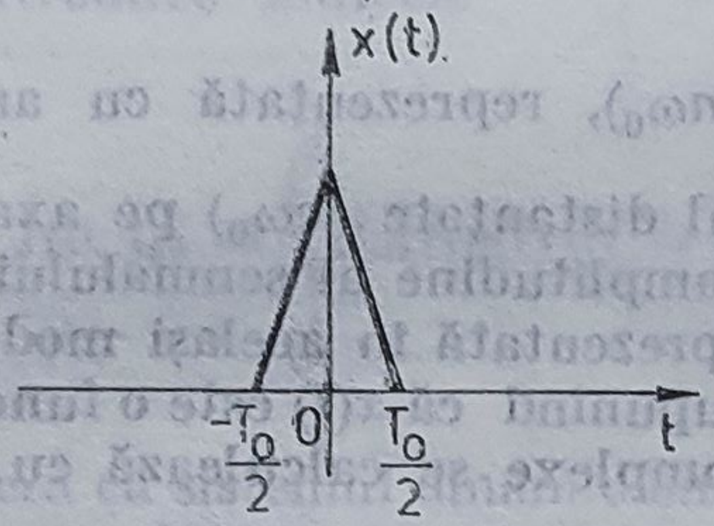
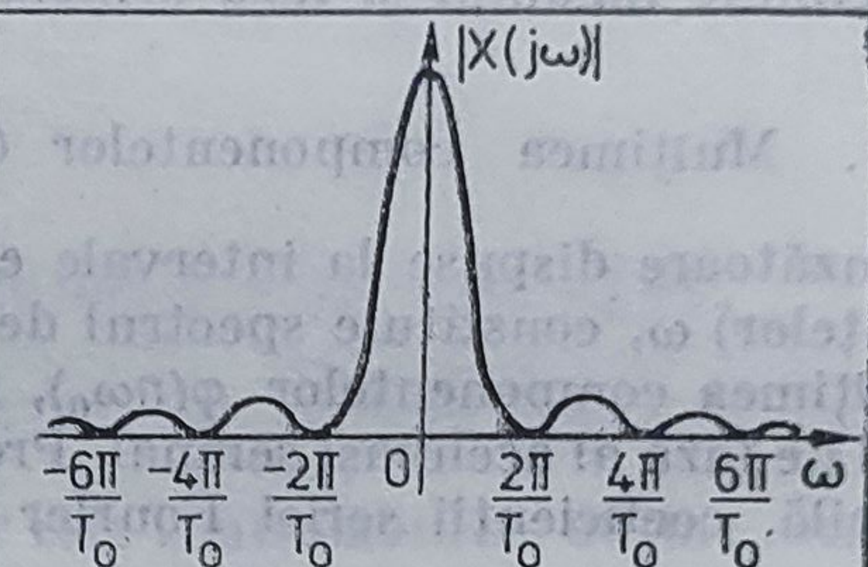
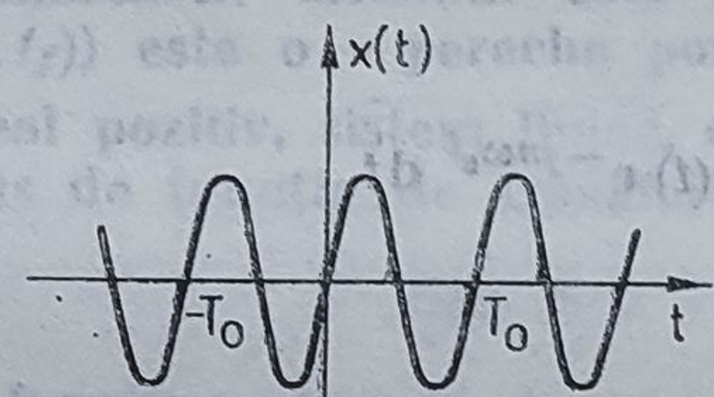
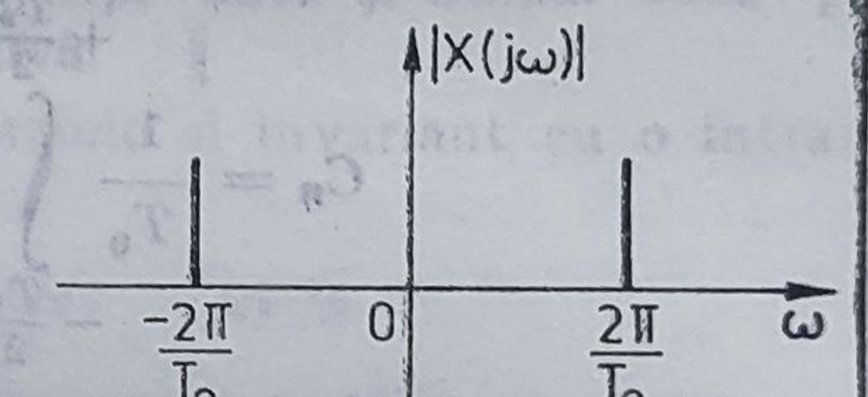
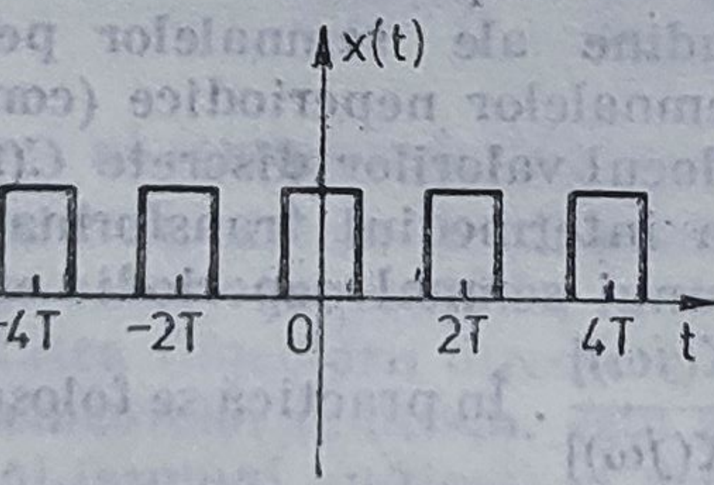
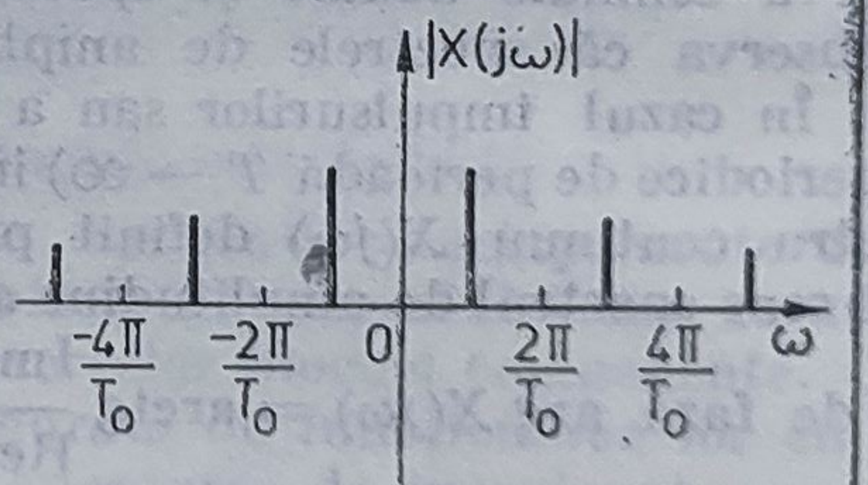
$$C_n = \frac{1}{T_0} \int_{-\frac{T_0}{2}}^{+\frac{T_0}{2}} x(t) \, e^{-jn\omega_0 t} \, dt \tag{3}$$

Pentru exemplificare, în tabelul S.2 sînt prezentate reprezentările grafice ale cîtorva semnale uzuale şi spectrele de amplitudine. Din relaţia (2) se poate observa că spectrele de amplitudine ale semnalelor periodice sînt discrete. În cazul impulsurilor sau a semnalelor neperiodice (considerate ca funcţii periodice de perioadă $T \to \infty$) în locul valorilor discrete $C(n\omega_0)$ rezultă un spectru continuu $X(j\omega)$ definit prin intermediul transformatei Fourier. În acest sens spectrul de amplitudine al unui semnal neperiodic este $|X(j\omega)|$, iar cel de fază $\arg X(j\omega) = \operatorname{arctg} \frac{\operatorname{Im}[X(j\omega)]}{\operatorname{Re}[X(j\omega)]}$. În practică se foloseşte $X_T(j\omega)$ dedus din considerarea semnalului de durată finită $x_T(t)$, obţinut printr-o operaţie de filtrare temporală care presupune limitarea semnalului la valorile cuprinse pe un anumit interval $[-T, +T)$. În analiza spectrală se utilizează adesea funcţiile de densitate spectrală de putere. Prin definiţie se numeşte funcţie de densitate spectrală proprie de putere expresia

$$S_{xx}(\omega) = \lim_{T \to \infty} \frac{1}{2T} \left| X_T(j\omega) \right|^2 \tag{4}$$

unde $X_T(j\omega)$ este transformata Fourier a semnalului $x_T(t)$ dedus din „filtrarea" semnalului $x(t)$ la valorile luate pe intervalul $[-T, +T]$. Din relaţia (4) se observă legătura directă dintre spectrul de amplitudine şi funcţia

Tabelul S.2

Reprezentarea grafică a semnalului în domeniul timpului	Spectrul de frecvență
	
	
	
	

de densitate spectrală proprie de putere. Justificarea denumirii de densitate spectrală de putere este dată de relația

$$\frac{1}{2T}\int_{-T}^{+T}[X_T(t)]^2\,\mathrm{d}t = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty}S_{xx}(\omega)\,\mathrm{d}\omega \tag{5}$$

care arată că prin integrarea valorilor $S_{xx}(\omega)$ pe diverse pulsații ω rezultă puterea totală asociată semnalului. Funcția de densitate spectrală proprie

de putere se exprimă şi prin transformata Fourier a funcţiei de autocorelaţie $R_{xx}(\tau)$ a semnalului $x(t)$

$$S_{xx}(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} R_{xx}(\tau)\, e^{-j\omega\tau}\, d\tau \tag{6}$$

$S_{xx}(\omega)$ este reală datorită faptului că $R_{xx}(\tau)$ este funcţie pară. În cazul semnalelor periodice funcţiile de autocorelaţie se pot exprima sub formă de serii şi astfel rezultă un spectru de putere discret. Printr-o relaţie similară cu (6) se poate exprima funcţia de densitate spectrală mutuală de putere a două semnale $x(t)$, $y(t)$, avînd funcţia de corelaţie $R_{xy}(\tau)$

$$S_{xy}(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} R_{xy}(\tau)\, e^{-j\omega\tau}\, d\tau \tag{7}$$

Funcţiile de densitate spectrală de putere proprie şi mutuală sînt utile pentru caracterizarea semnalelor aleatoare, pentru care funcţiile de corelaţie reprezintă o etapă intermediară.

stabilitate, proprietate esenţială a unui sistem dinamic ce caracterizează comportarea acestuia cînd este scos dintr-o stare de echilibru. Cînd s. se referă la variabila de stare $x(t) \in X \subseteq \mathbb{R}^n$, se utilizează noţiunea de s. internă (în sens Liapunov), respectiv s. externă (sau s. intrare/ieşire) dacă se referă la mărimea de ieşire. S. se numeşte liberă dacă se referă la comportarea sistemului în absenţa mărimii de intrare ($u(.) \equiv 0$), respectiv s. forţată în caz contrar. Fie sistemul dinamic (neliniar, neted, finit dimensional şi variant) în regim liber

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) &= f(t,\ x(t)) \\ (y(t) &= g(t, x(t))) \end{aligned} \tag{1}$$

în care $x \in X \subseteq \mathbb{R}^n$ este starea şi pentru care să considerăm o traiectorie de stare particulară

$$\bar{x}(t) = \bar{\varphi}(t:\ t_0,\ \bar{x}(t_0)) \tag{2}$$

care se va numi traiectoria neperturbată (evident că (2) verifică (1) adică $\dot{\bar{x}}(t) = f(t,\ \bar{x}(t))$). Traiectoria (2) se numeşte stabilă în sens Liapunov (sistemul (1) este stabil intern în jurul traiectoriei (2)) dacă oricare ar fi $\varepsilon > 0$, există $\delta > 0$ astfel încît oricare ar fi $x(t_0)$ verificînd inegalitatea

$$\| x(t_0) - \bar{x}(t_0) \| < \delta \tag{3}$$

se îndeplineşte relaţia

$$\| x(t) - \bar{x}(t) \| < \varepsilon \tag{4}$$

oricare ar fi $t \geqslant t_0$. Traiectoria (2) se numeşte asimptotic stabilă (sistemul (1) este asimptotic stabil, în jurul traiectoriei (2)) dacă este stabilă în sens Liapunov şi în plus există $h > 0$ astfel încît, pentru orice $x(t_0)$ se satisface relaţia

$$\| x(t_0) - \bar{x}(t_0) \| < h \tag{5}$$

rezultă

$$\lim_{t \to \infty} \| x(t) - \bar{x}(t) \| = 0 \tag{6}$$

Dacă (3) şi (4) se îndeplinesc cu δ şi h finiţi, s. mai primeşte şi atributul de locală, respectiv globală în caz contrar. Făcînd în (1) schimbarea de variabilă

$$\xi(t) = x(t) - \bar{x}(t) \tag{7}$$

rezultă

$$\frac{d\xi(t)}{dt'} = f(t, \bar{x}(t) + \xi(t)) - f(t, \bar{x}(t)) \stackrel{\Delta}{=} F(t, \xi(t)) \tag{8}$$

cu $F(t,0) = 0$, $\forall t \geqslant t_0$. Problema de stabilitate a traiectoriei neperturbate $\left\{ \bar{x}(t) \,\middle|\, t \geqslant t_0 \right\}$ (pentru sistemul (1)) se reduce deci la studiul traiectoriei (neperturbate) $\xi = 0$ corespunzătoare sistemului (8). De aceea, în multe cazuri, definiţiile anterioare se dau direct faţă de traiectoria particulară $\xi = 0$ a sistemului echivalent (8). O imagine geometrică sugestivă pentru definiţiile date, în cazul particular $n = 2$ este cea din fig. S. 25. În cazul sistemelor (automate)

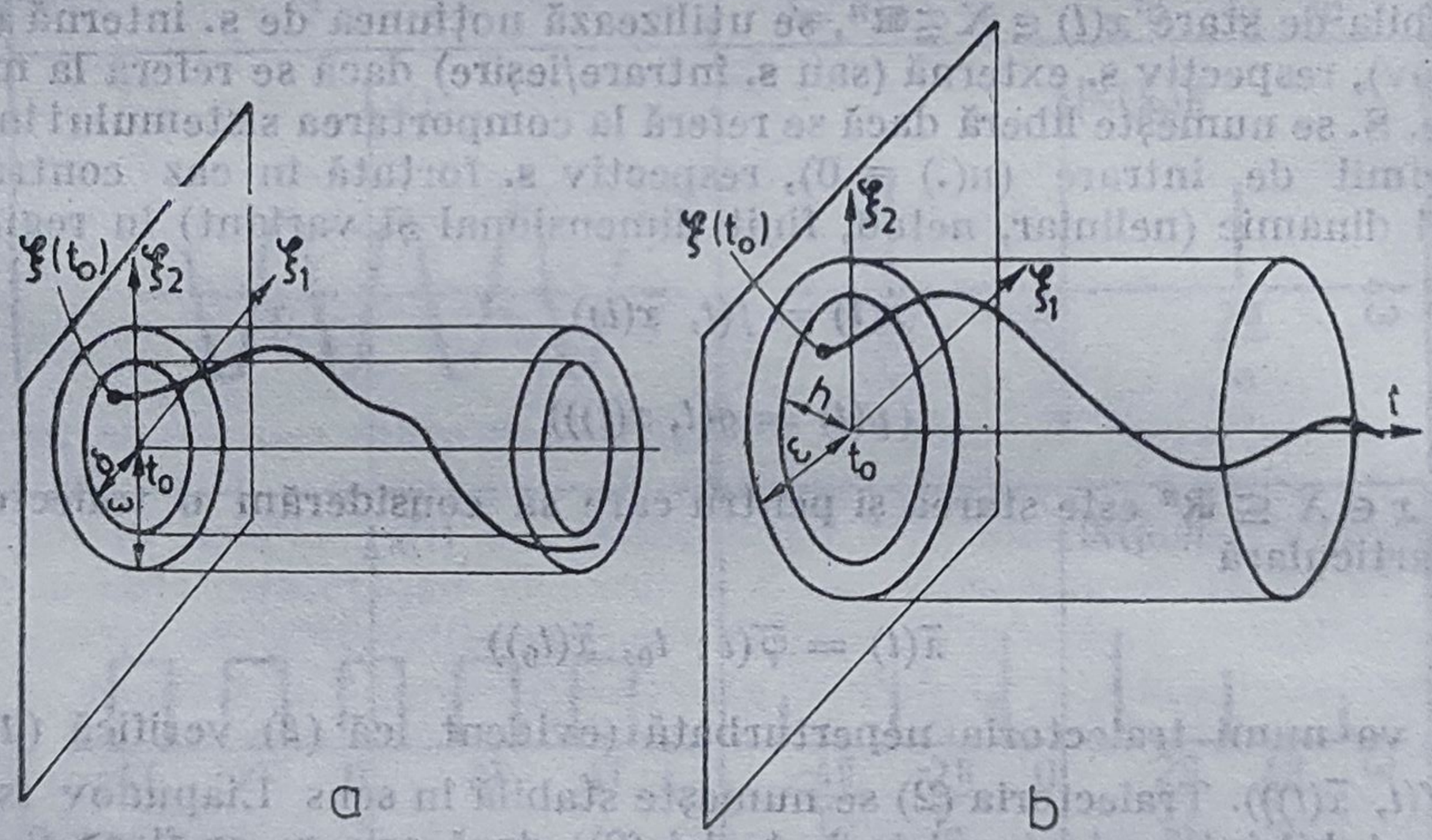


Fig. S.25. Imagini geometrice ale stabilităţii:
a — stabilitate în sens Liapunov; *b* — stabilitate asimptotică.

cu o intrare şi o ieşire, avînd → **funcţia de transfer** $H(s)$, $(H(z))$ ireductibilă, există identitate între s. internă şi cea externă. Cum calculul valorilor proprii ale matricii A revine la rezolvarea unei ecuaţii algebrice de grad n, în majoritatea cazurilor, analiza s., se face prin metode ce nu necesită un astfel de calcul; de asemenea, cum s. este interesantă pentru structura de → **sistem automat**, metodele uzuale de analiză a s. (criterii de s.) se referă la condiţiile de s. ale sistemului automat, pe baza funcţiei de transfer de pe calea directă. Criteriile de analiză a s. sînt criterii algebrice (→ **criteriul Routh**, → **criteriul Hurwitz** etc.) sau criterii de frecvenţă (→ **criteriul Nyquist**, → **criteriul Bode** etc.)

stabilitate absolută, stabilitate a structurii cu reacție prezentată în fig. S. 26, *a*, oricare ar fi neliniaritatea statică $u = -\varphi(y)$ care satisface $\varphi(0) = 0$ și $0 \leqslant \varphi(y)y \leqslant ky^2$, $k > 0$ (fig. S. 26, b).

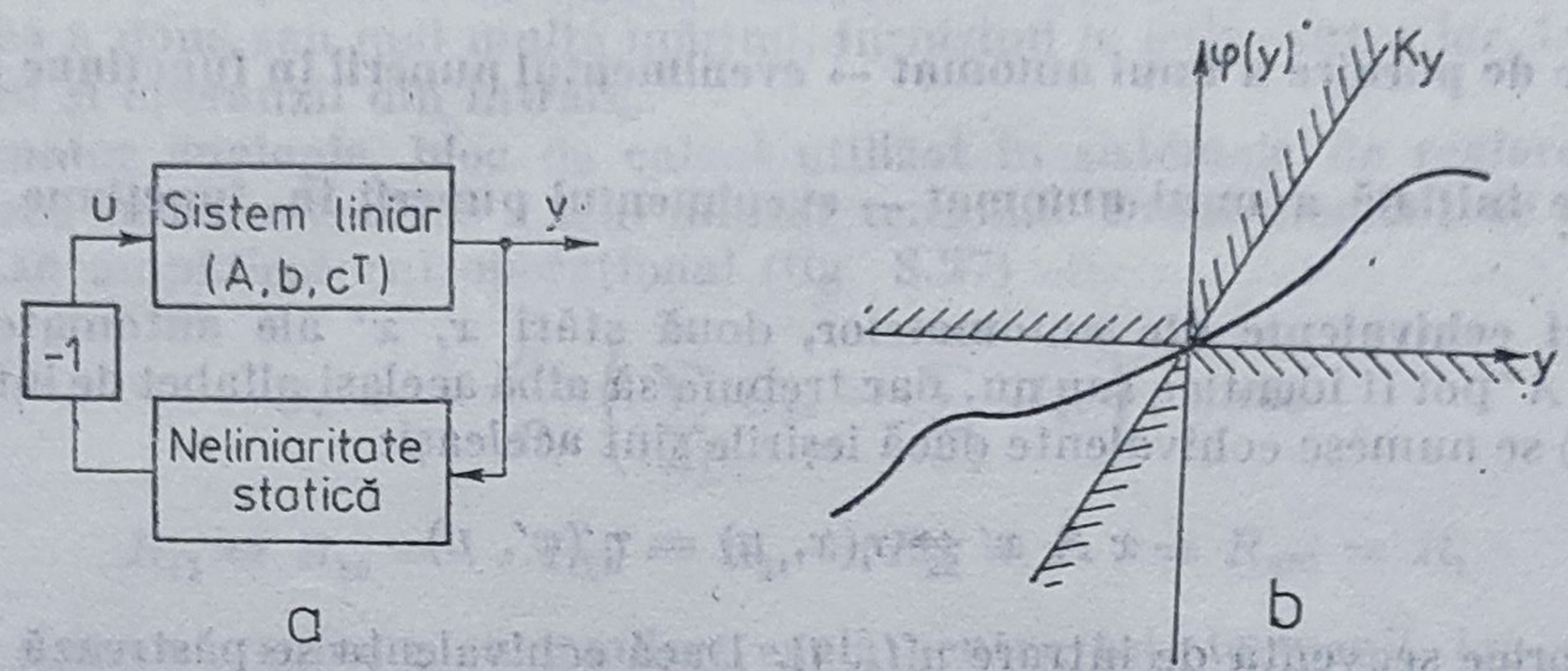


Fig. S.26. Stabilitate absolută.

Cum neliniaritatea $\varphi(y)$ este oricare din sectorul nehașurat, stabilitatea devine o proprietate a sistemului liniar:

$$S_1: \dot{x}(t) = Ax(t) + bu(t)$$

$$y(t) = c^T x(t)$$

care este tocmai particularitatea de bază a acestei probleme de stabilitate. Rezultatul fundamental referitor la **s. a.** este următorul: fie S_1 cu (A, b, c^T) controlabilă și observabilă; dacă există $\alpha, \beta \geqslant 0$ astfel încît S_1 să fie un sistem hiperstabil, atunci soluția banală ($x \equiv 0$) a sistemului S_0 cu

$$S_0: \quad \dot{x}(t) = Ax(t) + bu(t)$$

$$y(t) = c^T x(t)$$

$$u(t) = -\varphi(y)$$

este absolut stabilă (sistemul S_0 este absolut stabil).

stabilizabilitate, proprietate a sistemelor dinamice, care nefiind alocabile (nu se poate determina legea de reacție după stare $u(t) = Fx(t)$ astfel încît pentru o mulțime simetrică fixată de n numere complexe să se asigure $\sigma(A + BF) = \Lambda$) pot fi făcute stabile printr-o lege de reacție după stare, adică există F astfel încît

$\sigma(A + BF) \subset \mathbb{C}^-$ în cazul continuu,

respectiv

$\sigma(A + BF) \subset U_1(0)$ în cazul discret.

La sistemele $(A, B,.)$ necontrolabile există (→ **teorema de descompunere controlabilă**) transformarea nesingulară T astfel încît perechea echivalentă $\overline{A} = TAT^{-1}$, $\overline{B} = TB$ are structura

$$\overline{A} = \begin{bmatrix} A_1 & A_3 \\ 0 & A_2 \end{bmatrix}, \qquad \overline{B} = \begin{bmatrix} B_1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

cu (A_1, B_1) o pereche controlabilă. Dacă $\sigma(A_2) \subset \mathbb{C}^-$ (respectiv $\sigma(A_2) \subset U_1(0)$) sistemul $(A, B,.)$ continuu (discret) este stabilizabil prin legea de reacţie $u = Fx$.

stare finală a unui automat → evenimentul punerii în funcţiune a unui automat

stare de pornire a unui automat → evenimentul punerii în funcţiune a unui automat

stare iniţială a unui automat → evenimentul punerii în funcţiune a unui automat

stări echivalente ale automatelor, două stări x, x' ale automatelor A, A' (A şi A' pot fi identice sau nu, dar trebuie să aibă acelaşi alfabet de intrare şi de ieşire) se numesc echivalente dacă ieşirile sînt aceleaşi:

$$x \mathcal{R} x' \Leftrightarrow \eta(x, u) = \eta'(x', u)$$

pentru orice secvenţă de intrare $u[t_0, t]$. Dacă echivalenţa se păstrează pentru o secvenţă de intrare de lungime n, stările se numesc n — echivalente:

$$x \mathcal{R}_n x' \Leftrightarrow (x, p) = \eta'(x', p),\ p \in U^*,\ 0 < \lg(p) \leqslant n$$

subautomat, automat $A' = [U', X', Y', \varphi', \eta']$ este un subautomat al automatului $A = [U, X, Y, \varphi, \eta]$ dacă $U' \subseteq U$, $X' \subseteq X$, $Y' \subseteq Y$, $\varphi' = \varphi\Big|_{x' \times U'}$, $\eta' = \eta\Big|_{x' \times I'}$

subspaţiu A — invariant, noţiune esenţială în cadrul teoriei geometrice a sistemelor dinamice: un subspaţiu $\mathcal{V} \subset \mathbb{R}^n$ este A—invariant, unde $A \in \mathbb{R}^{n \times n}$ dacă

$$A\mathcal{V} \subset \mathcal{V}$$

care scris matricial înseamnă

$$AV = VA_1$$

unde V este o bază a subspaţiului $\mathcal{V}$. De ex., subspaţiul controlabil $\mathcal{R}$ (→ **controlabilitate**) şi subspaţiul necontrolabil $\mathcal{N}$ (→ **observabilitate**) sînt s. A — i.

subspaţiu (A,B) — invariant, subspaţiu $\mathcal{V} \subset \mathbb{R}$ pentru care

$$A\mathcal{V} \subset \mathcal{V} + ImB$$

cu $A \in \mathbb{R}^{n \times n}$, $B \in \mathbb{R}^{n \times m}$. Matricial condiţia de (A, B) — invariant se scrie

$$AV = VJ - BH$$

unde matricile J, H au dimensiuni corespunzătoare.

subrutină, componentă a sistemului de programe (de regulă implementînd un modul al acestuia) îndeplinind o funcţie bine determinată şi apelabilă din mai multe puncte ale programului.

succesor al unei stări, stare $x_i \in X$ a unui automat finit $A = [U, X, Y, \varphi, \eta]$ care poate fi atinsă dintr-o stare $x_2 \in X$ printr-o succesiune de simboluri

de intrare p, $x_1 = \varphi(x_2, p)$. Dacă $x_1 \in f(x_2, u)$, $u \in U$, x_1 se numeşte succesor imediat al stări x_2. Se mai spune că x_2 este un predecesor (respectiv predecesor imediat) al stării x_1.

sumator, dispozitiv de calcul analogic sau numeric, care efectuează adunarea a două sau mai multe mărimi, furnizînd la ieşire suma lor, în aceeaşi formă ca şi operanzii din intrare.

sumator analogic, bloc de calcul utilizat în sistemele de reglare pentru efectuarea sumei algebrice a mai multor tensiuni. Drept element de calcul se utilizează amplificatorul operaţional (fig. S.27)

$$U_e = -\frac{R_4}{R_1}\left(\sum_{i=1}^{n} U_{1i} - \sum_{i=1}^{n} U_{2i}\right), \text{ unde}$$

$$R_{11} = R_{12} = \ldots R_{1n} = R_{21} = R_{22} = \ldots = R_{2m} = R_1$$

pentru a avea o sumare cu pondere egală pentru toţi termenii, iar $n=m$ şi $R_3 = R_4$ pentru micşorarea erorii cu temperatura.

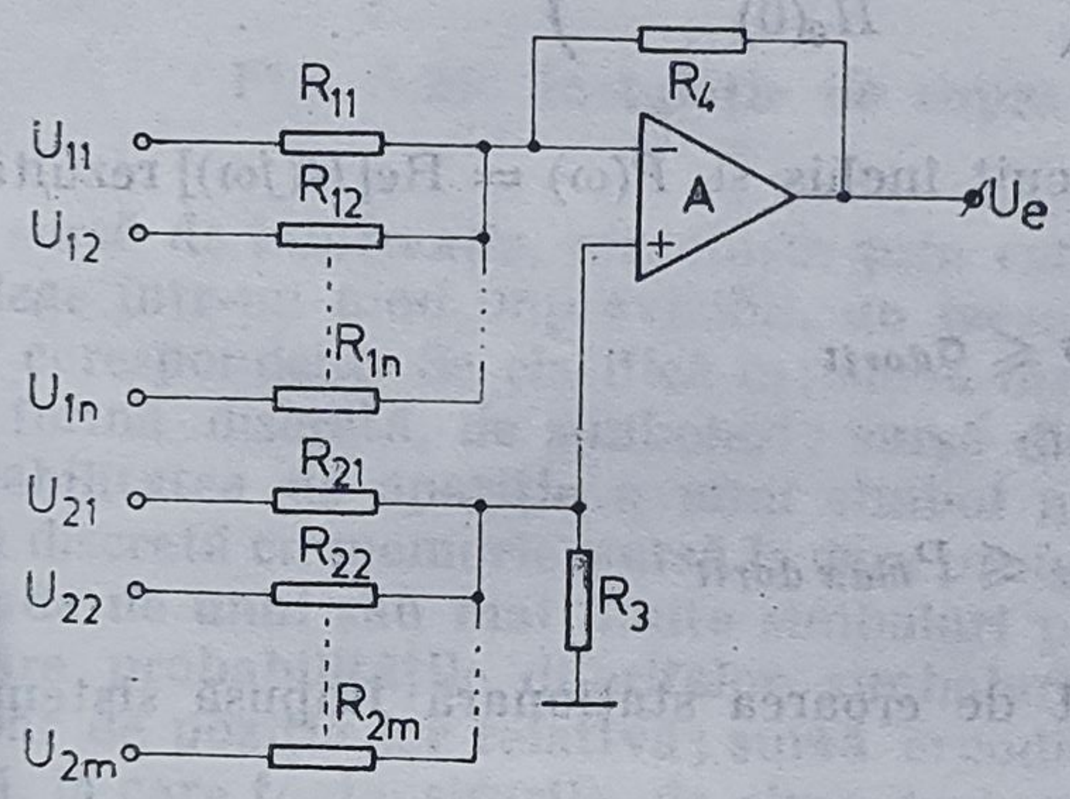


Fig. S.27. Sumator analogic cu amplificator operaţional.

sumator numeric, dispozitiv de calcul numeric care efectuează adunarea binară a unor termeni reprezentaţi pe 1, 2 sau 4 biţi şi care furnizează la ieşire suma pe acelaşi număr de biţi ca şi operanzii şi transportul rezultant, exprimat pe un bit. **S.n.** sînt realizate sub forma circuitelor integrate pe scară medie. Pentru extensia sumării la un număr de n biţi, se cuplează un număr de n, $n/2$ sau $n/4$ s. n. de 1, 2 sau 4 biţi. Pentru sumatoarele paralele cu propagarea transportului, cu cît creşte lungimea cuvîntului, cu atît creşte timpul necesar pentru a efectua complet o adunare, şi anume creşte cu timpul de propagare pe etaj pentru fiecare bit suplimentar. Există cîteva tehnici pentru accelerarea procesului de sumare, ca: anticiparea transportului, sumarea asincronă şi adunarea condiţionată a sumei.

sumă directă de automate, automat A obţinut din automatele $A_1 = [U_1, X_1, Y_1, \varphi_1, \eta_1]$ şi $A_2 = [U_2, X_2, Y_2, \varphi_2, \eta_2]$, cu $U_1 = U_2 = U$, astfel că $A = [U, X_1 \cup X_2, Y_1 \cup Y_2, \varphi_1 \oplus \varphi_2, \eta_1 \oplus \eta_2]$, unde

$$\varphi_1 \oplus \varphi_2 = \begin{cases} \varphi_1(x, u) & \text{dacă } x \in X_1 \\ \varphi_2(x, u) & \text{dacă } x \in X_2 \end{cases} \quad \text{iar } \eta_1 \oplus \eta_2 = \begin{cases} \eta_1(x, u) & \text{dacă } x \in X_1 \\ \eta_2(x, u) & \text{dacă } x \in X_2 \end{cases}$$

suprareglaj, mărimea $\sigma = y_{max} - y_{st}$ eventual exprimată în procente din y_s

$$\sigma = \frac{y_{max} - y_{st}}{y_{st}} \times 100\,[\%]$$

în care $y_{st} = \lim_{t \to \infty} y(t)$ este valoarea staționară (stabilizată) și y_{max} este valoarea maximă pentru mărimea de ieșire $y(t)$, cînd mărimea de intrare este o treaptă (fig. S.28) S. este una din principalele performanțe (criterii locale) impuse în sinteza clasică a sistemelor automate.

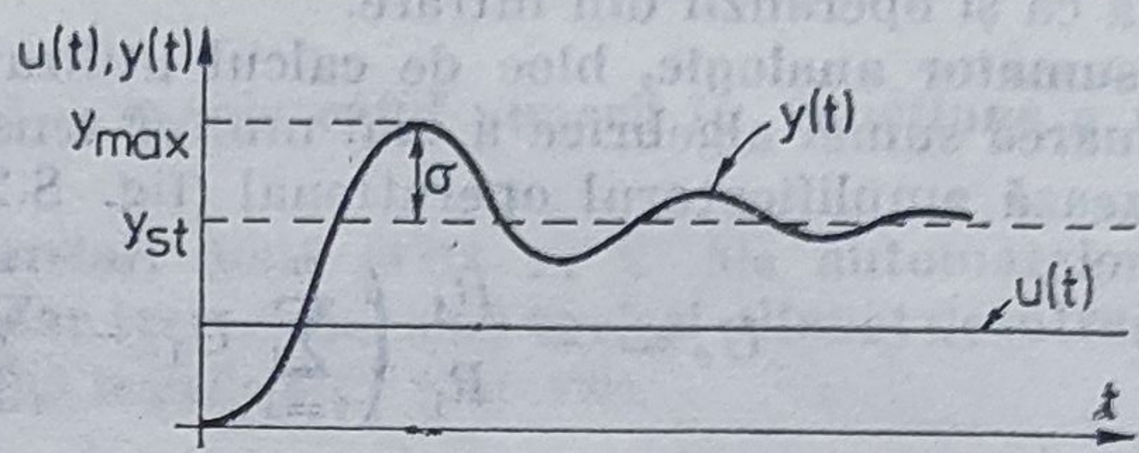


Fig. S.28. Reprezentarea grafică a suprareglajului.

Cum

$$\sigma \leqslant H_0(0)\left(1{,}18\,\frac{P_{max}}{H_0(0)} - 1\right)$$

cu $H_0(s)$ funcția de transfer în circuit închis și $P(\omega) = \mathrm{Re}[H(j\omega)]$ rezultă că impunerea condiției

$$\sigma \leqslant \sigma_{dorit}$$

conduce la

$$P_{max} \leqslant P_{max\,dorit}$$

parametrul $H_0(0)$ fiind determinat de eroarea staționară impusă sistemului automat (la o intrare precizată).

supravegherea automată a arderii combustibilului în cuptoare, procedură de automatizare care are drept scop detectarea prezenței flăcării atît timp cît există transfer de combustibil spre cuptor; cuprinde două operații esențiale: aprinderea imediat ce apare combustibilul (dispozitiv de aprindere automată) și urmărirea flăcării și blocarea combustibilului la dispariția acesteia (supravegherea automată a flăcării). Esențială în acest proces este supravegherea, de regulă aprinderea automată fiind o reaprindere după dispariția temporară a flăcării, inclusă în dispozitivul de supraveghere. Principalele categorii de detectoare de flăcără sînt: a) de tip termoelectric, ce utilizează un termocuplu cu sudura caldă în apropierea flăcării; b) cu tijă de ionizare, folosind proprietatea flăcării de gaz de a fi bună conducătoare de electricitate datorită ionizării mediului precum și pe proprietatea de a redresa un curent alternativ ce trece prin flacără; c) cu celulă fotovoltaică, care provoacă un curent sub acțiunea radiației luminoase. În fig. S. 29 se prezintă o instalație de supraveghere și aprindere bazată pe principiul termocuplului. Instalația cuprinde un cap de aprindere *CA* ce conține un termocuplu *CTT* sub formă inelară în jurul flăcării și un arzător pilot, la care aprinderea se obține prin scînteia furnizată de o bujie alimentată la înaltă tensiune (8 — 10 000 V) de la un transformator special (*Tr*). Atingerea unei anumite temperaturi duce la apariția unei tensiuni electrice ce acționează un ventil electromagnetic (V_1), care permite trecerea gazului

pe conducta principală. La dispariția flăcării temperatura scade și ventilul blochează trecerea gazului. În circuitul arzătorului se mai află un ventil V_2 acționat manual prin butonul de pornire BP care permite furnizarea scînteii și apoi accesul gazului în arzător.

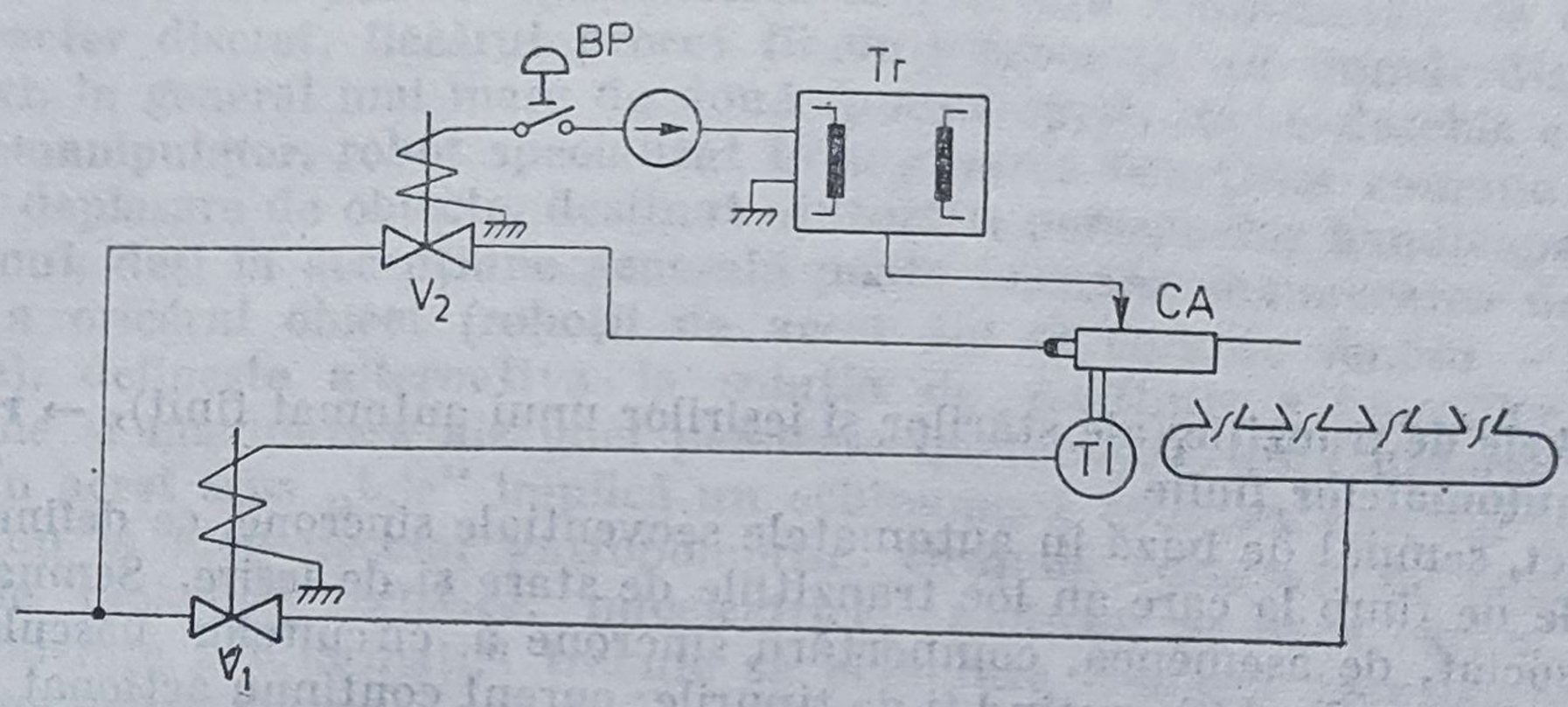


Fig. S.29. Instalație de supraveghere și aprindere.

sursă de informație, mecanism prin care din mulțimea mesajelor posibile se alege într-un mod imprevizibil, un mesaj particular destinat a fi transmis unui corespondent. Se clasifică în: sursă discretă, sursă care debitează mesaje sub formă discretă, de simboluri; sursă discretă fără memorie, sursă la care probabilitatea de apariție a unui simbol nu depinde de celelalte simboluri; sursă discretă cu memorie, sursă la care probabilitatea de apariție a unui simbol depinde de unul sau mai multe simboluri precedente; sursă staționară, sursă la care probabilitățile diferitelor simboluri nu depind de originea timpului, ci doar de poziția lor relativă; sursă ergodică, sursă staționară cu memorie finită, la care toate șirurile de simboluri sînt tipice (un șir tipic conține toate simbolurile într-un număr proporțional cu probabilitatea de apariție a acestora).

T

tabele de tranziție (ale stărilor și ieșirilor unui automat finit), → **reprezentarea automatelor finite**

tact, semnal de bază în automatele secvențiale sincrone, ce definește momentele de timp la care au loc tranzițiile de stare și de ieșire. Semnalul de **t.** este asociat, de asemenea, comportării sincrone a circuitelor basculante bistabile (de ex., *D*, *JK*), putînd fi de tipurile: curent continuu acționat de front, cu cuplaj curent alternativ sau „master slave". Semnalul de **t.** curent continuu realizează operația de basculare la o valoare particulară a tensiunii cînd are loc tranziția pozitivă sau negativă. Un bistabil dat recunoaște doar un tip de tranziție. Aplicarea **t.** de tip curent continuu validează intrările de date și transferă datele sincron la ieșiri. Semnalul de **t.** cu cuplaj curent alternativ este utilizat al dispozitivele *DTL*, fiind cuplat capacitiv intern la circuitul latch al bistabilului. Semnalul de **t.** de tip „master slave" acționează circuitul bistabil în patru pași (fig. T.1)

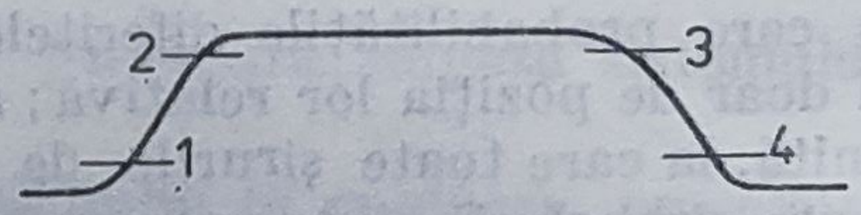


Fig. T.1. Semnal de tact de tip master-slave:

1 — izolează etajul *S* de *M*; *2* — validează intrarea datelor la etajul *M*; *3* — invalidează intrările de date; *4* — transferă datele din etajul *M* în *S* (apar la ieșire).

tahogenerator, micromașină electrică generatoare de tensiune proporțională cu viteza unghiulară a rotorului. **T.** sînt folosite în mod frecvent în automatizarea acționărilor ca traductoare de viteză de rotație (turație). În acest scop rotorul este cuplat mecanic cu axul motorului a cărui turație se măsoară și care trebuie să permită încărcarea cu puterea necesară antrenării **t.** După natura tensiunii pe care o generează, **t.** pot fi de curent continuu sau de curent alternativ. **T.** de curent continuu generează o tensiune continuă proporțională cu turația care poate fi utilizată direct în instalațiile de automatizare fără a necesita alte prelucrări. **T.** de curent alternativ furnizează la ieșire o tensiune alternativă a cărei valoare eficace și frecvență sînt proporționale cu turația. În general, **t.** se folosesc în domeniul 100... ... 0 000 rot/min. La turații către prima jumătate a intervalului sînt avantajoase **t.** de curent continuu și de curent alternativ avînd ca mărime de ieșire valoarea eficace a tensiunii, iar la turații mai mari **t.** de curent alternativ avînd ca mărime de ieșire frecvența. **T.** de curent continuu permit utilizarea directă a tensiunii generate, în schimb sînt scumpe și mai dificil de întreținut din cauza colectorului. Cele de curent alternativ nu prezintă aceste dezavantaje, dar necesită o prelucrare a tensiunii (conversie în curent continuu prin redresare și mediere) sau a frecvenței (conversie analogică sau numerică).

tampon, numele generic dat uneia sau mai multor celule de memorie, destinat comunicării între două echipamente sau programe cu funcţionare asincronă.

telecomandă, funcţie de telemecanică cu caracter calitativ incluzînd metode şi mijloace tehnice pentru transmiterea la distanţă a mărimilor de comandă cu caracter discret, fiecărui proces fiindu-i asociate un număr discret de comenzi, în general mai mare de două (pornit-oprit, închis-deschis etc.).

telemanipulator, robot specializat în suplinirea funcţiilor comune de apucare şi deplasare de obiecte, destinat ajutorării persoanelor handicapate fizic. Termenul, deşi în accepţiune generală poate însemna manevrarea de la distanţă a oricărui obiect (roboţii de acest tip se numesc simplu — manipulatoare), defineşte alternativa la soluţia de restituire a funcţiilor de prehensiune şi manipulare ale unei persoane handicapate prin dotarea cu proteze. În acest sens „tele" implică un echipament complet exterior pacientului şi nu în mod necesar antropomorfic. Ordinele furnizate de pacient sînt semnale biologice (cefalice, mioelectrice, glotice), pe baza cărora un bloc de prelucrare a informaţiei trebuie să elaboreze comenzi coordonate, transmise servomotoarelor de acţionare. Referitor la sistemul de acţionare, se întîlneşte frecvent comanda electrohidraulică, care îmbină avantajul de forţă ridicată cu cel al deplasărilor silenţioase, rapide şi directe (fără angrenaje), singurul dezavantaj — cel al gabaritului ridicat—putînd fi compensat prin instalarea t. pe scaunul persoanei handicapate, împreună cu sursa de energie hidraulică.

telemăsură, funcţie de telemecanică cu caracter cantitativ, ce permite transmiterea la distanţă către un punct dispecer a unei informaţii cu caracter continuu sau echivalentul codificat al acesteia, în scopul măsurării unui anume parametru. T. poate fi permanentă, transmisia valorii măsurate făcîndu-se ciclic, sau poate fi transmisă la cererea operatorului.

telemecanică, domeniu al ştiinţei şi tehnicii care se ocupă de teoria şi mijloacele tehnice de transmitere automată la distanţă a comenzilor sau informaţiilor privitoare la procesele conduse. Problemele de bază ale t. sînt legate de realizarea economicităţii transmiterii informaţiilor în condiţiile unei recepţionări cît mai corecte, optimizarea structurilor şi mijloacelor tehnice de transmitere şi recepţionare a mesajelor. Bazele teoretice ale t. sînt oferite de teoria informaţiei, teoria codificării, statistica matematică,

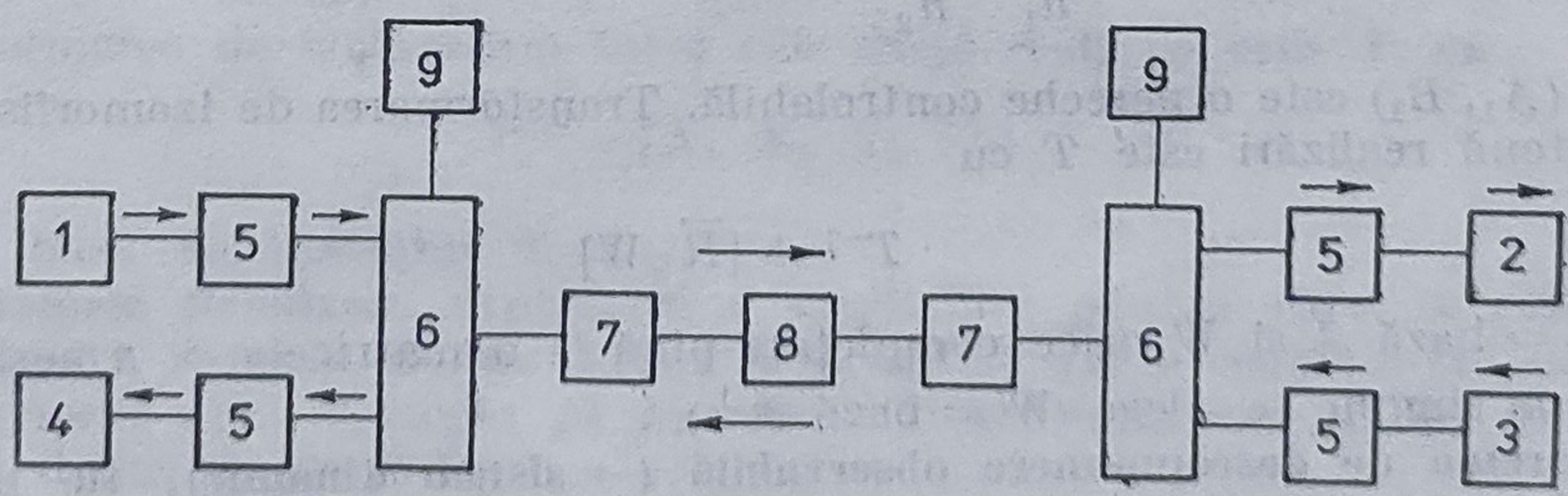


Fig. T.2. Schema bloc a unui sistem de telemecanică:

1 — bloc de formare a informaţiei de comandă (telecomandă, telereglare); *2* — bloc de comandă a elementelor de execuţie; *3* — bloc de formare a informaţiei de control (telemăsură, telesemnalizare); *4* — bloc de afişare a informaţiei; *5* — blocuri de prelucrare a informaţiei (convertoare, codificatoare/decodificatoare, adaptoare); *6* — blocuri de separare a informaţiei (multiplexoare, convertoare serie-paralel sau paralel-serie); *7* — mode m(bloc de cuplare la canalul de comunicaţie, asigură modularea şi demodularea semnalului transmis); *8* — canal de comunicaţie; *9* — blocuri de comandă a funcţionării corecte (sincronizare-sinfazare, generarea bazei de timp, determinare a priorităţilor, organizarea mesajelor).

teoria fiabilităţii. În funcţie de natura informaţiei vehiculate se disting două categorii de funcţii de t.: cu caracter calitativ (telesemnalizare, telecomandă) şi cu caracter cantitativ (telemăsură, telereglare). După modul de dispunere a obiectivelor controlate la distanţă, instalaţiile de t. au un caracter concentrat (un singur post de dispecer şi un singur post controlat), dispersat (un singur post dispecer şi mai multe posturi controlate), sau concentrat — dispersat (concentrat în anumite puncte de execuţie şi dispersat în legătură cu dispecerul). În fine, după modul de organizare a transmisiei există sisteme de t. simplex (legătură într-un singur sens, de ex., de la punctul local la dispecer) sau duplex (transmisia informaţiei se face în ambele sensuri). În fig. T.2 este prezentată schema bloc a unui sistem de t. concentrat, duplex, avînd toate funcţiile de t. posibile.

telereglare, funcţie de telemecanică cu caracter cantitativ, ce permite transmiterea la distanţă, de la punctul dispecer către un punct de execuţie, a unei mărimi de comandă analogice sau a echivalentului codificat al acesteia.

telesemnalizare, funcţie de telemecanică cu caracter calitativ incluzînd problemele transmiterii la distanţă (la punctul de comandă) a unor informaţii cu caracter discret despre starea procesului (de la punctele controlate). Informaţiile au un caracter discret, numărul stărilor procesului controlat nefiind în general, mai mare de doi (stări curente sau situaţii de depăşire a limitelor impuse de funcţionare). Se remarcă următoarele tipuri de t.: comutarea stărilor la punctul controlat fără intervenţia dispecerului; comutarea stărilor la punctul controlat la cererea dispecerului; confirmarea privind operaţia impusă de dispecer; de avarie în cazul în care la punctul controlat se intră într-o zonă de funcţionare periculoasă; de avarie privitoare la o avarie la punctul controlat.

teorema de descompunere controlab [illegible] **→ sistem dinamic)**, fie perechea (A, B) necontrolabilă, adică $\mathcal{R} = ImR \subsetneq \mathbb{R}^n$ (rang $R = n_c < n$) cu $R = [B\ AB \ldots A^{n-1} B]$ matricea de controlabilitate. Atunci există realizarea echivalentă (algebric) $(\bar{A}, \bar{B})$ avînd structura

$$\bar{A} = \begin{array}{c} \begin{bmatrix} A_1 & A_3 \\ 0 & A_2 \end{bmatrix} \begin{array}{l} n_1 \\ n_2 \end{array} \\ \begin{array}{cc} n_1 & n_2 \end{array} \end{array}, \qquad \bar{B} = \begin{bmatrix} B_1 \\ 0 \end{bmatrix} \begin{array}{l} n_1 \\ 0 \end{array}$$

unde (A_1, B_1) este o pereche controlabilă. Transformarea de izomorfism între cele două realizări este T cu

$$T^{-1} = [\bar{R}\ \ W]$$

cu $\bar{R}$ = bază $\mathcal{R}$ şi W orice completare pînă la o matrice $n \times n$ nesingulară (cel mai simplu se alege W = bază $\mathcal{R}^{\perp}$).

teorema de descompunere observabilă (→ sistem dinamic), fie perechea (C, A) neobservabilă, adică $\mathcal{N} \neq \emptyset$ unde $\mathcal{N}$ este subspaţiul neobservabil (→ **observabilitate**). Atunci există realizarea echivalentă algebric $(\bar{C}, \bar{A})$ avînd structura

$$\bar{A} = \begin{array}{c} \begin{bmatrix} A_1 & 0 \\ A_3 & A_2 \end{bmatrix} \begin{array}{l} n_1 \\ n_2 \end{array} \\ \begin{array}{cc} n_1 & n_2 \end{array} \end{array}, \qquad \bar{C} = [C_1\ \ 0]$$

și unde (C_1, A_1) este o pereche observabilă. Transformarea de izomorfism între cele două realizări este T, cu

$$T^{-1} = [W \ \bar{N}]$$

cu $\bar{N}$ o bază pentru $\mathfrak{N} = \ker Q$ și W o completare pînă la o matrice $n \times n$ nesingulară.

teorema de structură (Kalman), oricare ar fi o realizare de stare (A, B, C) a unui sistem, necontrolabilă (rang $R = n_c < n$) și neobservabilă (rang $Q = n_0 < n$), există realizarea echivalentă (algebric) $(\bar{A}, \bar{B}, \bar{C})$ avînd structura

$$\bar{A} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{13} & A_{14} \\ 0 & A_{22} & 0 & A_{24} \\ 0 & 0 & A_{33} & A_{34} \\ 0 & 0 & 0 & A_{44} \end{bmatrix} \qquad \bar{B} = \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\bar{C} = [0 \quad C_2 \quad 0 \quad C_4]$$

corespunzător căreia $\bar{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix}$ cu x_1 stările controlabile, dar neobservabile x_2 stările controlabile și observabile, x_3 stările necontrolabile și neobservabile și x_4 stările necontrolabile și observabile. Tripletul (A_{22}, B_2, C_2) este → **realizarea minimală** a sistemului și este → **echivalentă intrare-ieșire** cu (A, B, C).

T. de s. arată că spațiul stărilor $\mathbb{R}^n$ este decompozabil în suma directă

$$\mathbb{R}^n = \mathfrak{X}_1 \oplus \mathfrak{X}_2 \oplus \mathfrak{X}_3 \oplus \mathfrak{X}_4 \tag{1}$$

unde

$\mathfrak{X}_1 = \mathfrak{R} \cap \mathfrak{N}$ subspațiul stărilor controlabile și neobservabile

$\mathfrak{R} = \mathfrak{X}_1 \oplus \mathfrak{X}_2$ cu X_2 subspațiul stărilor controlabile și observabile

$\mathfrak{N} = \mathfrak{X}_1 \oplus \mathfrak{X}_3$ cu X_3 subspațiul stărilor necontrolabile și neobservabile

$\mathfrak{X}_4$ subspațiul stărilor necontrolabile și observabile determinat de (1)

Transformarea de izomorfism între cele două realizări este T, cu

$$T^{-1} = [X_1 \ X_2 \ X_3 \ X_4]$$

cu X_i baza subspațiului $\mathfrak{X}_i$: $i = \overline{1, 4}$.

teoremele Bendixon, exprimare a condițiilor pentru care, în planul de stare există → **ciclu limită**. Prima **t. B.** afirmă că: o condiție suficientă ca în interiorul unui domeniu să nu existe ciclu limită este ca pe frontiera acestui domeniu expresia

$$\frac{\partial f_1(x)}{\partial x_1} + \frac{\partial f_2(x)}{\partial x_2} \text{ să păstreze semn constant}$$

unde sistemul este descris de

$$\dot{x}_1(t) = f_1(x)$$
$$\dot{x}_2(t) = f_2(x)$$

A doua **t. B.** afirmă că dacă în planul de stare se pot determina două contururi C_1 și C_2, ce delimitează domeniul D (fig. T.3) astfel că în interiorul lui C_1 se află un → **punct singular** al sistemului, iar D nu conține astfel de puncte și dacă traiectoria de stare intră și rămîne în D cînd $t \to \infty$ atunci

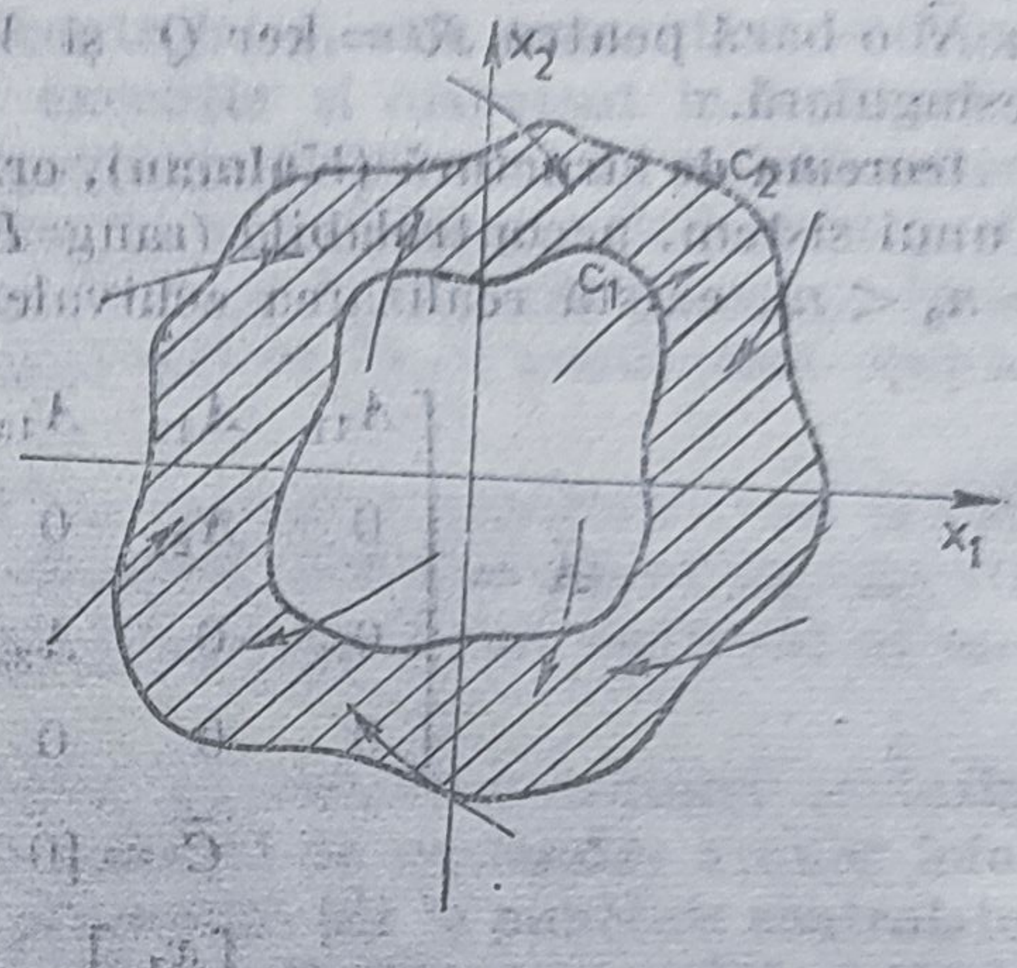


Fig. T.3. Exemplificarea grafică a celei de-a doua teoreme Bendixon.

traiectoria este ea însăși un ciclu limită sau tinde către un ciclu limită conținut în D.

teoremele Bode → **problema Bode**

terminal, echipament periferic destinat interfeței între un sistem de calcul și operator. De obicei t. se poate afla la o distanță geografică de la ordinul metrilor la cel al sutelor de kilometri față de sistemul de calcul.

terminal inteligent, terminal dotat cu capacitate proprie de prelucrare a informației, ceea ce ușurează accesul operatorului la sistemul de calcul la care este conectat t.i. și, de asemenea, contribuie la diminuarea traficului pe canalul de comunicații între t.i. și sistemul de calcul (→ **terminal**).

termistor, semiconductor a cărui rezistență electrică variază cu temperatura după o lege descrescătoare, conform relației

$$R_T = R_{T_0}^{B\left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T}\right)}$$

în care R_T și R_{T_0} sînt valorile rezistenței la temperaturile absolute T și T_0, iar exponentul B constituie o caracteristică de material. **T.** se caracterizează printr-o descreștere rapidă a rezistenței electrice cu temperatura, relația de dependență fiind neliniară. În scopul liniarizării se prevăd, în paralel cu t., rezistențe din materiale care nu variază în funcție de temperatură. **T.** sînt confecționate din oxizi de nichel, magneziu, fier, cobalt, litiu etc. și ca formă constructivă se prezintă în diverse variante: pastilă, perlă, baston, de dimensiuni miniaturale. Pentru protecție ele sînt încapsulate în rășini epoxidice sau sticlă, rezistente la temperatură. Datorită masei și gabaritului redus **t.** au o dinamică foarte rapidă, constantele de timp fiind sub 1 s. **T.** uzuale sînt folosite în domenii de temperatură cuprinse între − 100 și 350°C; în variante speciale pot ajunge la 700...800°C. Valorile rezistenței electrice la 0°C pot varia într-o gamă largă, (10^2—10^5 Ω), iar variația de rezistență poate ajunge la 10—15 %/°C. În ultimii ani au fost realizate **t.** cu variație pozitivă a rezistenței electrice cu temperatura (pozistoare).

termocuplu, element sensibil utilizat în componența aparatelor de măsurat și a traductoarelor de temperatură. Principiul de funcționare a **t.** se bazează pe efectul Seebeck, care constă în generarea unei tensiuni electromotoare într-un circuit format din două metale cu potențiale de ieșire diferite în

cazul în care cele două joncțiuni se află la temperaturi diferite. Relația de funcționare a t. este de forma

$$E_{Tc}(\theta) = k_{Tc}(\theta - \theta_0)$$

în care $E_{Tc}(\theta)$ este tensiunea electromotoare, k_{Tc} — sensibilitatea t., θ și θ_0 — temperaturile celor două joncțiuni. Dacă θ_0 este presupusă constantă și cunoscută (temperatura de referință), atunci $E_{Tc}(\theta)$ poate constitui o măsură a temperaturii θ. În tabelul T.1 sînt date cîteva dintre tipurile de t. cu cele

Tabelul T.1

Tipuri uzuale de termocupluri

Denumirea termocuplului	Domeniul de temperatură °C		Variația tensiunii termoelectromotoare în intervalul 0... ...100°C (sudura rece la 0°C) mV
	Regim continuu	Regim intermitent	
Platin-Platin Rhodiu (Pt 10 %)	0...1300	0...1600	0,643
Platin-Platin Rhodiu (Pt 13 %)	0...1400	0...1600	0,645
Fier-Constantan	0... 500	0... 550	5,35
Cromel-Alumel	0...1000	0...1200	4,10

mai largi aplicații în domeniile de temperatură corespunzătoare, iar în fig. T.4 schema constructivă. Din punct de vedere constructiv t. constă din două fire, din metale care fac pereche în tabelul precedent, sudate la unul din capete (joncțiunea caldă), izolate între ele cu materiale rezistente la tempe-

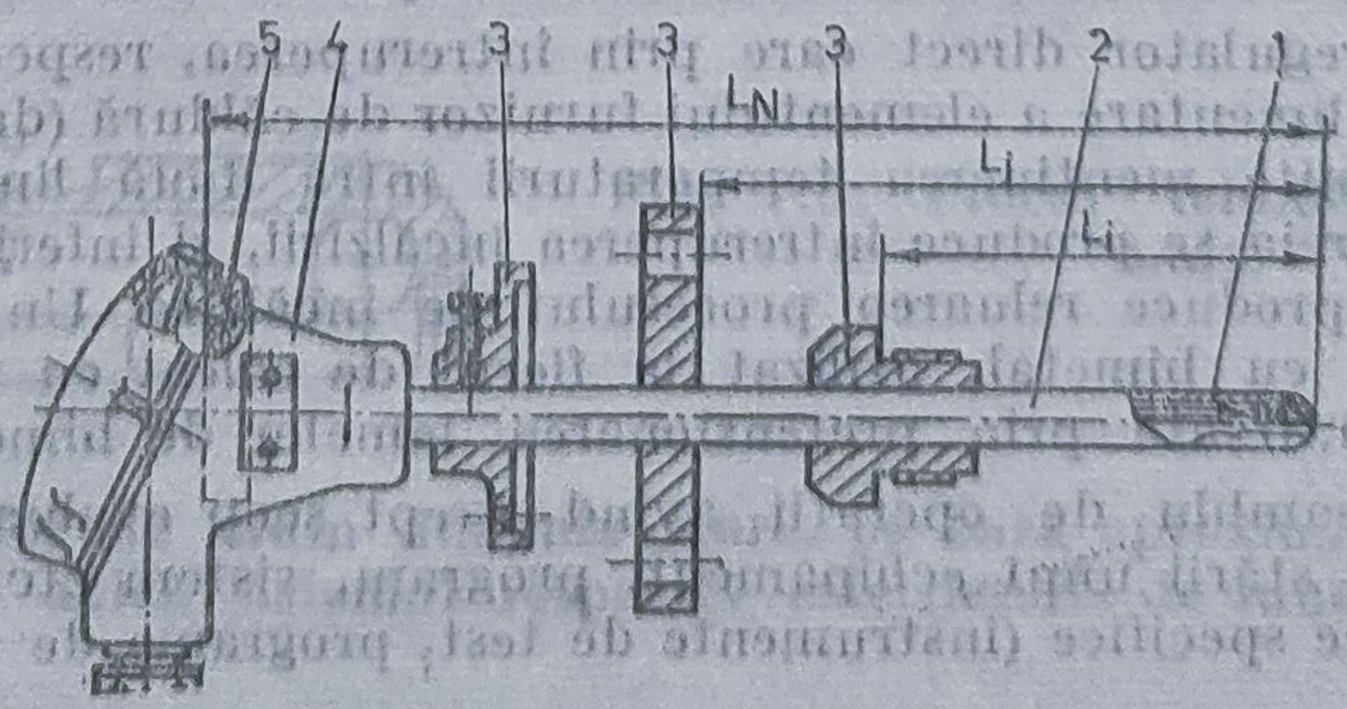


Fig. T.4. Schița constructivă a unui termocuplu:
1 — element sensibil; 2 — tecă de protecție; 3 — dispozitiv de fixare; 4 — cutia de borne; 5 — placă de borne.

ratură (ceramică, fibre de sticlă) și introduse într-un tub (sau mai multe) care să asigure o protecție mecanică și împotriva acțiunilor corozive ale mediului în care este instalat. Totodată acest tub este prevăzut cu accesoriile de montare și cu o cutie de borne la care sînt aduse capetele libere pentru circuitele de măsurare. Performanțele dinamice ale **t.**, importante în cazul traductoarelor, sînt determinate în principal de masa și proprietățile de transmisie a căldurii pe care le are tubul de protecție. În general, pentru **t.** cu un singur tub de protecție se admite o funcție de transfer de tipul element de întîrziere de ordinul I. **T.** folosite ca elemente sensibile pentru traductoare se asociază cu circuite de amplificare de curent continuu și cu convertoare tensiune-curent, cu ajutorul cărora se obține semnalul de ieșire cu o dependență liniară de temperatură. **T.** sînt folosite frecvent în măsurările și automatizările industriale datorită domeniilor largi de temperatură în care pot funcționa, a caracteristicilor liniare și a unor construcții simple și ieftine.

termorezistență, element sensibil pentru aparate de măsurat și traductoare de temperatură a cărui funcționare se bazează pe variația cu temperatura a rezistenței electrice a metalelor conductoare. Relația care exprimă variația rezistenței metalelor conductoare pure în funcție de temperatură este de forma

$$R_\theta = R_{\theta_0}[1 + \alpha(\theta - \theta_0) + \beta(\theta - \theta_0)^2 + \gamma(\theta - \theta_0)^3 + \ldots]$$

unde R_θ și R_{θ_0} sînt valorile rezistenței la temperatura de măsurat θ, respectiv la cea de referință θ_0, iar α, β, γ,... sînt coeficienți ce caracterizează legea de dependență a rezistenței de temperatură. Principalele metale utilizate pentru confecționarea de **t.** sînt platina, nichelul și cuprul. Temperatura de topire ridicată, rezistența la coroziune, liniaritatea dependenței de temperatură, proprietăți care caracterizează platina au determinat ca **t.** din acest metal să fie cele mai răspîndite pentru intervale de temperatură cuprinse între — 150°C și 600°C. **T.** din nichel și cupru, deși mai ieftine, au o utilizare mai restrînsă, domeniile de temperatură fiind — 50...150°C, respectiv — 50...200°C, limitate de pericolul de oxidare și de neliniarități pronunțate la temperaturi mai înalte. Sub raport constructiv **t.** sînt asemănătoare cu → **termocuplurile.** În consecință performanțele dinamice ale **t.** sînt aceleași cu ale termocuplurilor. Circuitele de măsurare pentru **t.** folosite ca elemente sensibile pentru traductoare sînt de regulă punți Wheatstone, funcționînd în regim dezechilibrat, sau punți cu echilibrare automată. Aceste circuite sînt asociate cu amplificatoare și convertoare de ieșire care asigură obținerea semnalului unificat, variind liniar cu temperatura măsurată.

termostat, regulator direct care prin întreruperea, respectiv restabilirea circuitului de alimentare a elementului furnizor de căldură (de ex., rezistență electrică), permite menținerea temperaturii între două limite: superioară, la atingerea căreia se produce întreruperea încălzirii, și inferioară, la atingerea căreia se produce reluarea procesului de încălzire. Un exemplu foarte comun este **t.** cu bimetal, utilizat la fierul de călcat cu temperatura de lucru reglabilă, fixată prin pretensionarea lamelor de bimetal.

testare, ansamblu de operații avînd drept scop evaluarea, cantitativă și calitativă, a stării unui echipament, program, sistem etc. **T.** este executată cu mijloace specifice (instrumente de test, programe de test, combinații ale acestora).

testarea încadrării între limite, operație în cadrul prelucrării primare a datelor avînd drept scop verificarea încadrării între limite impuse a unei

mărimi analogice colectate din proces. Se testează încadrarea între limite de prealarmare, limite tehnologice, limitele instrumentului de măsură etc.

timp de comutaţie, durata necesară comutării unui tranzistor din starea de blocare în starea de conducţie sau invers. **T. de c.** este de o importanţă vitală pentru proiectarea circuitelor numerice, pentru că el determină viteza maximă la care întregul sistem numeric poate opera. Un ciclu de comutare complet al tranzistorului este compus din 4 intervale de timp: timp de cădere (t_f), timp de creştere (t_r), timp de întîrziere (t_d), timp de întîrziere de stocarei (t_s). Prin extensie, termenul **t. de c.** este utilizat pentru a defini durata comutării de stare ($1 \to 0$ sau $0 \to 1$) pentru circuitele numerice de tip porţi logice, bistabili, pentru relee ş.a.

timp de creştere, intervalul de timp $t_c = t_2 - t_1$, unde t_2, t_1 sînt determinate de intersecţia tangentei în punctul de inflexiune a răspunsului $y(t)$, $t > 0$ cu dreapta $y = y_{st}$, respectiv cu axa absciselor (→ fig. T.7). Definirea dată este evident valabilă în cazul sistemelor al căror răspuns este monoton în intervalul $[t_0, t_s]$; în caz contrar se poate cel mult judeca, pe valoarea mediată a răspunsului. **T. de c.** împreună cu → **timpul de stabilire,** → **timpul tranzitoriu** şi → **suprareglajul** reprezintă performanţele uzuale în cadru sintezei clasice a sistemelor automate. În unele cazuri, **t. de c.** se defineşte simplu ca fiind intervalul de timp în care mărimea de ieşire variază în intervalul $10\% \, y_{st} - 90\% \, y_{st}$, unde y_{st} este valoarea staţionară a mărimii de ieşire $y(t)$.

timp de stabilire, (t_s), intervalul de timp minim în care mărimea de ieşire ajunge la valoarea de regim staţionar (→ fig. T.7).

timp mort, durata τ în care mărimea de ieşire nu prezintă variaţie în contextul unei modificări a mărimii de intrare. Un sistem cu **t.m.** este un sistem dinamic liniar avînd funcţia de transfer

$$\overline{H(s)} = e^{-\tau s}$$

cu τ constanta de timp mort. **T.m.** apare în cazul → **sistemelor cu parametri distribuiţi** la fixarea coordonatei geometrice, adică el apare în cazul sistemelor la care transmisia de masă sau energie se face cu viteză finită. Printre puţinele sisteme ce se descriu exact prin **t.m.** se află sistemul de tip „bandă transportoare" (fig. T.5), la care mărimea de intrare este poziţia deschizătorului de la buncărul de alimentare, şi mărimea de ieşire, debitul de material la cealaltă extremitate a benzii transportoare: în acest caz evident $\tau = l/v$. În multe cazuri, **t.m.** se utilizează pentru descrierea aproximativă a sistemelor de ordin dinamic mare, pe baza aproximării răspunsului ca în fig. T.6, adică sistemul respectiv este descris de funcţia de transfer (aproximativă)

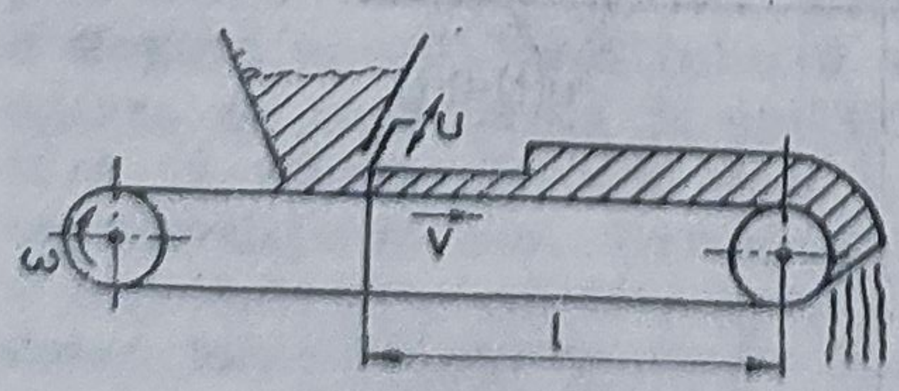


Fig. T.5. Proces tehnologic cu timp mort.

$$\tilde{H}(s) = \frac{Ke^{-\tau s}}{1 + Ts}; \quad K = \frac{y_{st}}{A}$$

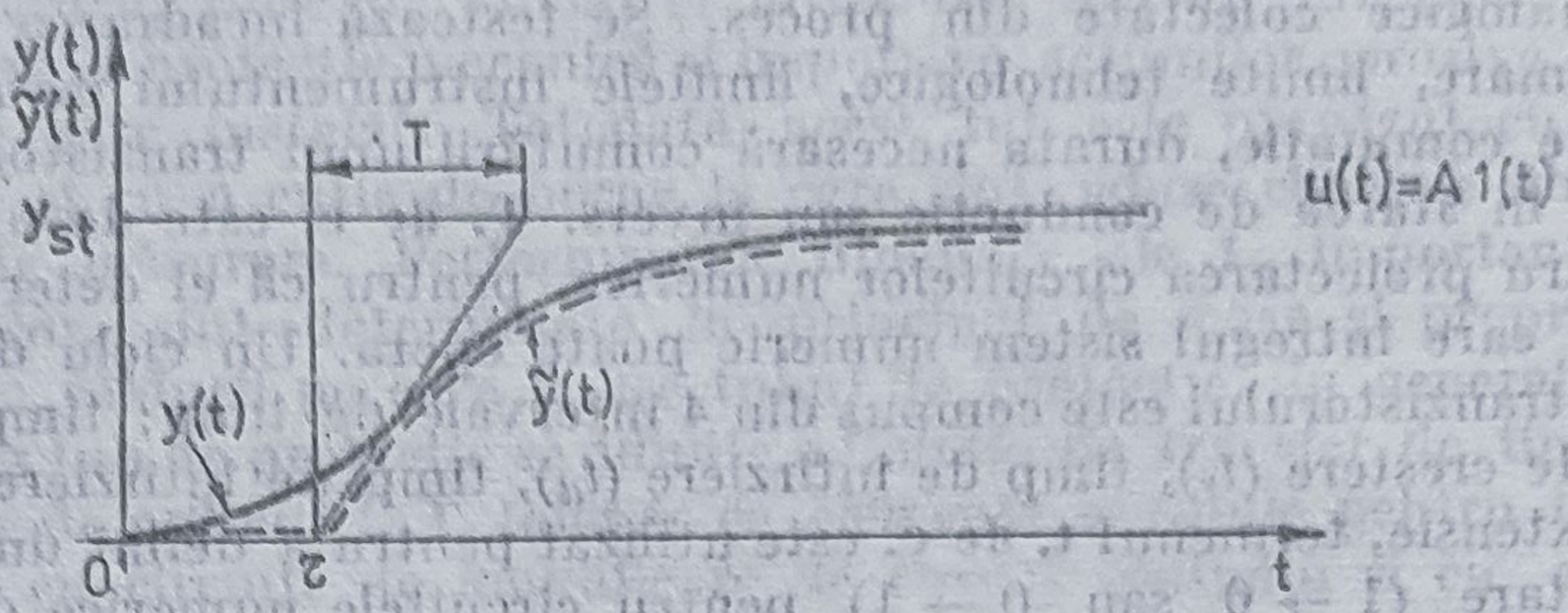


Fig. T.6. Aproximarea răspunsului unui sistem cu timp mort.

timp real, noțiune utilizată pentru caracterizarea operațiilor ce se desfășoară în sincronism cu evenimentele lumii exterioare. Un sistem de conducere are o comportare în **t.r.** dacă deciziile elaborate de acesta sînt emise la momentul oportun, adică sînt aplicate procesului condus înainte ca ele să-și piardă valabilitatea.

timp tranzitoriu, interval de timp în care, în mod convențional, se consideră încheiat regimul tranzitoriu al unui sistem. **T.t.** reprezintă intervalul de timp în care mărimea de ieșire $y(t)$ intră în banda de $\pm 5\%$ sau $\pm 2\%$ din valoarea de regim staționar $y_{st} = \lim_{t \to \infty} y(t)$ și nu o mai părăsește, cînd la intrarea sistemului se aplică o mărime sub formă de treaptă, condițiile inițiale sînt nule și evident sistemul este strict stabil. Definirea convențională a **t.t.** este necesară deoarece sistemele dinamice netede își ating valoarea de regim staționar pentru $t \to \infty$ (sînt asimptotice). Prin definirea care i s-a dat, **t.t.** reprezintă o performanță a răspunsului unui sistem (a sistemului) permițînd compararea sistemelor între ele, deoarece în mod natural, se dorește ca **t.t.** să fie cît mai scurt ($t_t \leqslant t_{t,\,dorit}$) (fig. T.7).

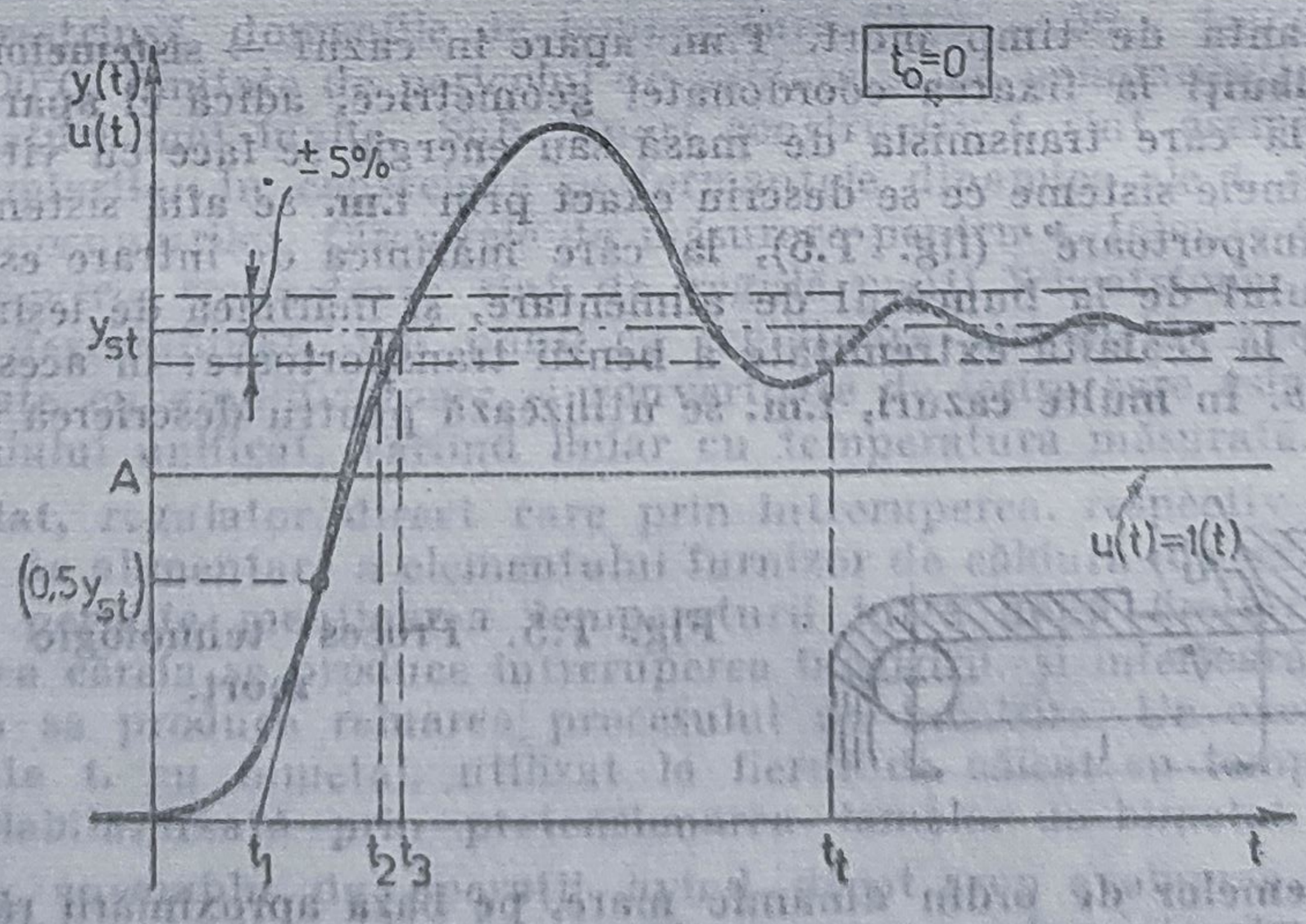


Fig. T.7. Definirea grafică a timpului tranzitoriu.

traductor, element component al unui → sistem automat prin intermediul căruia este măsurată mărimea de ieșire din procesul automatizat (parametrul de calitate) și convertită într-un semnal apt de-a fi comparat cu

mărimea de referință. Realizînd o funcție de măsurare, t. are în principiu o structură similară cu aceea a unui → **aparat de măsurat**, deosebirea constînd în faptul că informația furnizată în loc să se adreseze unui operator uman, este transmisă dispozitivului de automatizare (regulator, echipament de conducere etc.). Dacă elementele sensibile ale aparatelor de măsurat și t. pot fi aceleași, ele se deosebesc esențial în ceea ce privește adaptorul. Diversitatea mare a mărimilor care intervin în procesele automatizate, atît în ceea ce privește natura lor fizică cît și domeniile de variație, împreună cu creșterea continuă a volumului de automatizări industriale a dus la crearea sistemelor unificate de reglare, caracterizate prin operarea numai cu anumite tipuri de semnale. Elementele care asigură posibilitatea de a opera cu semnale unificate indiferent de natura fizică și intervalul de variație a mărimilor din procesele tehnologice sînt adaptoarele t. (denumite chiar t. cu ieșire în semnal unificat). Semnalele unificate sînt fixate pentru diferite tipuri de echipamente de automatizare:

a) sisteme de reglare cu echipamente electronice analogice
— curent continuu 4...20 mA (2...10 mA, 10...50 mA);
— tensiune continuă 0...10 V (0...20 V, ±10...+10 V);
b) sisteme de reglare cu echipamente pneumatice
— presiune de aer 20...100 kN/m² (0,2...1 bar);
c) sisteme de conducere cu echipamente numerice
— semnale compatibile TTL cod binar 8, 10, 12, 16 biți;
— sau zecimal codificat binar cu 2, 3 sau 4 decade:

Performanțele cerute t. derivă din funcțiunile ce le sînt rezervate în cadrul sistemului automat și, pe scurt, pot fi sintetizate astfel: caracteristică de transfer liniară (uneori cu neliniarități intenționate în scop de compensare); dinamică rapidă (astfel încît adesea este neglijabilă în raport cu celelalte componente ale sistemului); precizie ridicată, fiind elementul care condiționează precizia cu care se realizează obiectivele automatizării. Elementele sensibile reprezintă partea cea mai diversificată a t., ele fiind acelea care trebuie să detecteze o mare varietate de mărimi de proces. În tabelul T.2 este prezentată o clasificare a t. după mărimile fizice și tipurile de elemente sensibile corespunzătoare, iar în tabelul T.3 sînt reprezentate semnele convenționale pentru t. prin care se evidențiază tipurile de elemente sensibile. Adaptoarele sînt diferențiate în intrare în raport cu tipul elementului sensibil și au caracteristici similare în ieșire în cadrul aceluiași sistem unificat. Ele pot avea structuri foarte variate, de ex., de la un simplu amplificator sau convertor tensiune-curent la compensatoare automate funcționînd pe principiul sistemelor de urmărire. Elementele sensibile și adaptoarele pot forma o singură unitate constructivă atunci cînd condițiile de mediu o permit, dar adesea ele se prezintă ca unități distincte conectate prin dispozitive de legătură și transmisie (de ex., la un t. de temperatură cu elementul sensibil termorezistență sau termocuplu, ele sînt plasate în instalația tehnologică și conectate prin conductoare electrice cu adaptorul electronic montat într-un dulap local de automatizare sau într-o cameră de comandă). Tendința este aceea a miniaturizării și a integrării, adică a înglobării într-o unitate constructivă de mici dimensiuni — similară circuitelor integrate pe scară largă — atît a elementului sensibil cît și a adaptorului (inclusiv elemente de calcul, de liniarizare și compensare termică). În fig. T.8 se prezintă o secțiune printr-un t. integrat de presiune diferențială și schema electronică aferentă. În ceea ce privește t. numerice (cu ieșire în cod), operația de cuantizare se poate efectua la nivelul elementului sensibil, de ex. la t. de deplasare

Tábelul T.2

Clasificarea traductoarelor după mărimile detectate şi tipurile de elemente sensibile

Mărimi fizice de bază	Mărimi fizice derivate	Elemente sensibile tipice
Deplasare	— deplasare liniară — deplasare unghiulară — lungime (dimensiuni geometrice) — grosime — straturi de acoperire — nivel — deformaţie (indirect forţă, presiune, cuplu) — altitudine	— rezistive — inductive — capacitive — fotoelectrice — electrodinamice (de inducţie, selsine, inductosine
Viteză	— viteză liniară — viteză unghiulară — debit	— electrodinamice (de inducţie) — fotoelectrice — termorezistive
Forţă	— efort unitar — greutate — acceleraţie (vibraţii) — cuplu — presiune (absolută, relativă, diferenţială, vacuum; indirect nivel, debit) — vîscozitate	— rezistive — inductive cu element elastic asociat — capacitive — piezorezistive — piezoelectrice — magnetostrictive
Temperatură	— temperatură (solide, fluide, de suprafaţă) — căldură (flux, energie) — conductibilitate termică	— termorezistenţe — termistoare — termocupluri — detectoare de radiaţii — complexe (dilatare + deplasare)
Masă	— debit de masă — greutate — densitate	— idem ca la forţă
Concentraţie	— componente în amestecuri de gaze — ioni de hidrogen în soluţie — umiditate	— termorezistive — electrochimice — conductometrice
Radiaţie	— luminoasă — nucleară	— fotoelectrice — elemente sensibile bazate pe ionizare

Tabelul T.3

Semne convenţionale pentru traductoare de temperatură, debit, nivel, presiune, diverse (conf. STAS 6755-67)

Denumirea	Semn convenţional
Term orezistenţă simplă	
Termorezistenţă dublă	
Termocuplu simplu	
Termocuplu dublu	
Element sensibil cu dilatare la temperatură	
Bimetal	
Pirometru	
Termometru din sticlă	
Termometru manometric	
Diafragmă	

Tabelul T.3 *(continuare)*

Denumirea	Semn convențional
Tub Venturi	
Ajutaj	
Tub hidrometric (determinarea debitului prin insuflare de aer în tub scufundat)	
Debitmetru electromagnetic	
Debitmetru cu plutitor	
Debitmetru cu flotor (rotametru)	
Contor cu roți ovale	
Contor cu piston inelar	
Contor cu tambur	
Contor cu palete	
Contor cu piston	

Tabelul T.3 (continuare)

Denumirea	Semn convențional
Contor cu bandă	
Plutitor	
Tub pneumatic	
Plutitor inductiv	
Traductor capacitiv	
Traductor de forță, deplasare cu mărci tensometrice	
Traductor de forță, deplasare magnetoelastic	
Traductor cu radiații	
Sticlă de nivel	
Manometru cu tub elastic	
Manometru cu arc elicoidal	

Tabelul T.3 *(continuare)*

Denumirea	Semn convenţional
Manometru cu membrană simplă	
Manometru cu membrană dublă	
Manometru cu tub U	
Manometru diferenţial cu tub U	
Balanţă inelară	
Traductor de conductibilitate electrică	
pH-metru	
Tahogenerator	
Traductor de poziţie, deplasare	
Traductor piezoelectric	
Higrometru	

Tabelul T.3 *(continuare)*

Denumirea	Semn convențional
Traductor inductiv	
Ceas	

Simboluri literale pentru parametrii măsurați, reglați și comandați, precum și ale funcțiilor elementelor de măsurare, reglare și comandă, (conf. STAS 6755-74)

Nr. crt.	Simbolul	Succesiunea literelor în simboluri				
		Simboluri pentru definirea parametrilor măsurați, reglați sau comandați		Simboluri pentru definirea funcțiunilor elementelor de măsurare, reglare și comandă		
1	A	Analiză				Alarmă semnalizare
2	B	Flacără		Semnificație la alegere	Semnificație la alegere	Semnificație la alegere
3	C	Conductivitate (electrică)			Reglare automată	
4	D	Densitate (masă) sau greutate specifică	Diferențial			
5	E	Tensiune electrică		Element primar		
6	F	Debit	Raport			
7	G	Dimensiune		Indicator fără măsură		
8	H	Acțiune declanșată manual				Maxim
9	I	Intensitate a curentului electric		Indicare		
10	J	Putere	Comutare			

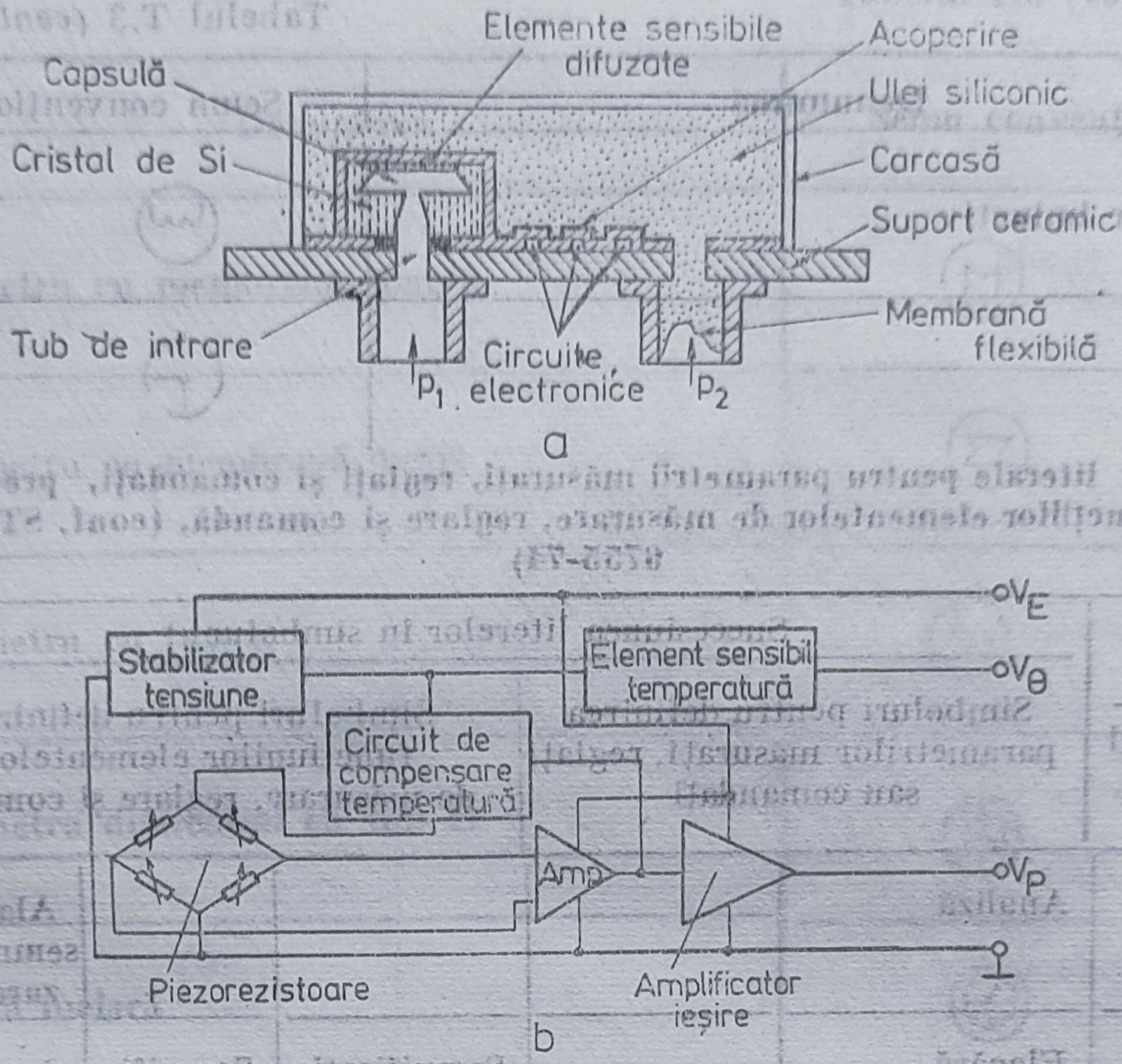


Fig. T.8. Traductor integrat de presiune diferențială.

liniară sau unghiulară, precum și la unele mărimi ce depind de timp (viteză, frecvență, fază etc.), sau la nivelul adaptorului prin includerea unui → **convertor analog — numeric** de semnal electric curent sau tensiune, furnizat de elementul sensibil, sau de o schemă de măsurare.

traiectorie de fază (cu referire la sistem dinamic), mulțimea punctelor $\{(t, \varphi(t; t_0, x_0, \omega)) \mid t \geqslant t_0\}$ reprezentate în spațiul $\mathbb{R}^{n+1}$. Produsul cartezian $T \times X$ se numește *spațiul de fază*.

traiectorie de stare (cu referire la sistem dinamic), ansamblul punctelor $\{\varphi(t; t_0, x_0, \omega) \mid t \geqslant t_0\}$ reprezentate în spațiul $\mathbb{R}^n$ de coordonate x_i, $i = \overline{1, n}$. Mulțimea $X \subseteq \mathbb{R}^m$, cu $x \in X$ se numește *spațiul de stare*.

traiectorie optimală → **traiectorie de stare** datorată comenzii optimale (→ **optimizare**).

transformata Fourier, funcția

$$F(j\omega) = \int_0^\infty f(t) e^{-j\omega t} \, dt$$

unde $f(t)$ satisface condițiile:

a) $f(t) = 0, \quad t < 0$

b) este derivabilă pe porțiuni și în orice punct de discontinuitate

$$t_0 > 0, \quad f(t_0) = \frac{1}{2}[(0_+) + f(0_-)]$$

5) $f(t)$ este absolut integrabilă, adică

$$\int_0^\infty |f(t)|\, dt < \infty$$

T.F. se notează $F(j\omega) = \mathcal{F}[f(t)]$ sau pe scurt $F = \mathcal{F}f$, unde $\mathcal{F}$ se numește *operatorul de* **t.F.** Cînd se cunoaște $F(j\omega)$, revenirea la funcția $f(t)$ se face cu **t.F.** inversă

$$f(t) = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} F(j\omega)\, e^{j\omega t}\, d\omega$$

cu $f(t) = \mathcal{F}^{-1}[F(j\omega)]$ unde $\mathcal{F}^{-1}$ este operatorul de transformare inversă Fourier. După cum se vede nu toate funcțiile $f(t)$ au **t.F.**, ci numai acelea la care indicele de creștere (→ **transformata Laplace**) este $S_0 < 0$, caz în care ea se obține formal din transformata Laplace prin substituția

$$F(j\omega) = F(s)|_{s=j\omega}$$

În cazul unui sistem strict stabil (→ **stabilitate**)

$$H(j\omega) = H(s)|_{s=j\omega}$$

reprezintă → **răspunsul în frecvență al sistemului.**

transformata Laplace, funcția $F: \Delta_0 \to \mathbb{C}$, unde $\Delta_0 = \{s \in \mathbb{C} \mid \mathrm{Re}\, s > s_0\}$ definită prin

$$F(s) = \int_0^\infty f(t)\, e^{-st}\, dt$$

și unde $f \in O$ (clasa funcțiilor original), iar s_0 este indicele său de creștere (abscisa minimă de convergență). O funcție $f: \mathbb{R} \to \mathbb{R}$ se numește funcție original dacă are următoarele proprietăți:

a) $f(t) = 0, \ \forall\, t \in (-\infty, 0)$

b) este derivabilă pe porțiuni:

c) există numerele reale $M > 0$, $s_0 \geqslant 0$ astfel încît

$$|f(t)| \leqslant M e^{s_0 t}, \ \forall\, t \in [0, +\infty)$$

Se notează $F(s) = \mathscr{L}[f(t)]$

sau mai simplu $F = \mathscr{L}f$ unde $\mathscr{L}$ se numește operatorul de t.L. Determinarea originalului, cînd se cunoaște t.L. se face cu formula de inversare Mellin-Fourier

$$f(t) = \frac{1}{2\pi j} \int_{c-j\omega}^{c+j\omega} F(s)\, e^{st}\, ds$$

cu $c > s_0$ arbitrar și se notează prescurtat $f(t) = \mathscr{L}^{-1}[F(s)]$ sau mai simplu $f = \mathscr{L}^{-1}F$, cu $\mathscr{L}^{-1}$ operatorul de transformare inversă Laplace. Utilizarea t.L. în studiul sistemelor dinamice liniare este avantajoasă cel puțin din următoarele motive: transformă ecuațiile diferențiale în ecuații algebrice; permite rezolvarea ecuațiilor diferențiale ce reprezintă dependența intrare/ieșire a sistemului și în cazul în care în membrul drept sînt prezente → **distribuții Dirac**; permite tratarea unitară a sistemelor dinamice liniare pe baza matricii (funcției) de transfer etc. Fie de ex., sistemul dinamic liniar, descris intrare/ieșire de ecuația diferențială

$$\sum_{i=0}^{n} a_i y^{(i)}(t) = \sum_{j=0}^{m} b_j u^{(j)}(t), \ 0 \leqslant m < n \tag{1}$$

la care intrarea este $u(t) = 1(t)$ și condițiile inițiale $y^{(i)}(0) = y_{i_0}$, $i = \overline{0, n-1}$. Se vede că determinarea răspunsului revine la soluționarea ecuației diferențiale

$$\sum_{i=0}^{n} a_i y^{(i)}(t) = \sum_{j=0}^{m-1} b_j \delta^{(j)}(t) + b_0$$

care, datorită prezenței distribuției Dirac din membrul drept nu poate fi soluționată prin metodele clasice. Dacă se aplică t.L. ecuației diferențiale (1) și se ține cont de teorema derivării

$$\mathscr{L}f^{(i)}(t) = s^i \mathscr{L}f(t) - \sum_{k=0}^{i-1} s^k f^{(i-k-1)}(0_+)$$

cu $\mathscr{L}[y(t)] = y(s)$ și $\mathscr{L}[u(t)] = u(s)$ se obține

$$y(s) \sum_{i=0}^{n} a_i s^i - \sum_{i=1}^{n} a_i \left(\sum_{k=0}^{i-1} s^k y^{(i-k-1)}(0_+) \right) = u(s) \sum_{j=0}^{m} b_j s^j$$

adică

$$y(s) = \frac{\sum_{j=0}^{m} b_j s^j}{\sum_{i=0}^{n} a_i s^i} u(s) + \frac{\sum_{i=1}^{n} a_i \left(\sum_{k=0}^{i-1} s^k y^{(i-k-1)}(0_+) \right)}{\sum_{i=0}^{n} a_i s^i} = y_f(s) + y_l(s)$$

Cum $u(s) = \mathscr{L}[1(t)] = \frac{1}{s}$, se vede că determinarea răspunsului $y(t)$ a devenit o problemă foarte simplă.

transformata Z, funcția $F: \Delta_0 \to \mathbb{C}$ unde $\Delta_0 = \{z \mid |z| > R\}$ definită prin

$$F(z) = \sum_{k \geqslant 0} f(k) z^{-k} \tag{1}$$

și unde $f: \mathbb{N} \to \mathbb{R}$ este o funcție discretă, iar R este raza de convergență a seriei din membrul drept al relației (1)

$$R = \lim_{k \to \infty} \sup \sqrt[k]{|f(k)|}$$

Se notează $F(z) = \mathscr{Z}[f(k)]$ sau prescurtat $F = \mathscr{Z}f$ și este utilă în cazul sistemelor dinamice liniare discrete sau discretizate.

transformator, aparat prin intermediul căruia se convertește energia unui sistem fizic sau tehnic în energia altui sistem.

transformator de curent, transformator de măsură în care curentul secundar I_2 este practic proporțional cu curentul primar I_1 și defazat față de acesta cu un unghi apropiat de 180°. **T. de c.** sînt caracterizate prin raportul de transformare nominal $K_{In} = I_{1n}/I_{2n}$, ale cărui valori sînt standardizate Valorile curentului secundar I_{2n} sînt de regulă 1 A sau 5 A.

transformator de măsură, transformator electric destinat să permită conectarea aparatelor de măsurat și prin extensie a traductoarelor, releelor sau altor aparate analoge. **T. de m.** separă galvanic circuitul aparatului conectat în secundar de cel al mărimii de măsurat, aplicată în înfășurarea primară, realizînd totodată și adaptarea de nivel și de impedanță necesară.

transformator de sincronizare, transformator electric monofazat necesar sincronizării tensiunii de referință a dispozitivelor de comandă pe grilă (*DCG*) cu tensiunea anodică a redresorului pe care se comandă aprinderea. Se utilizează în schemele de reglare a turației motoarelor de curent continuu cu convertizoare cu tiristoare.

transformator de tensiune, transformator de măsură în care tensiunea secundară este proporțională cu tensiunea primară și defazată față de aceasta cu un unghi apropiat de 180°. Ca și la transformatoarele de curent pentru **t. de t.** se definește $K_{Un} = U_{1n}/U_{2n}$. Uzual $U_{2n} = 100$ V și în unele variante trifazate $100/\sqrt{3}$ V.

transformator electric, aparat conectat între rețeaua electrică de curent alternativ și un receptor a cărui tensiune nominală de funcționare nu coincide cu tensiunea rețelei. **T.e.** realizează modificarea tensiunii semnalului de curent alternativ, fără modificarea frecvenței. În funcție de rețeaua de curent alternativ se deosebesc transformatoare monofazate și polifazate (de ex., trifazate). **T.e.** se mai utilizează în schemele electrice și electronice pentru adaptarea de nivel de tensiune și de impedanță sau pentru a asigura separarea galvanică între diverse circuite.

transformator în impulsuri, transformator ce primește în primar semnale sub formă de impulsuri, permițînd, printr-o serie de măsuri constructive transmiterea în secundar a unor impulsuri cu front foarte scurt, separate galvanic față de cele din primar.

transinformație, valoare medie a informației transmise pe un canal, ce se obține asupra cîmpului de evenimente de la intrarea X prin recepționarea cîmpului de evenimente de la ieșire Y.

$$I(X, Y) = H(X) - H(X/Y) = H(Y) - H(Y/X) \quad (\rightarrow \textbf{entropie})$$

transmisie paralelă, metodă de comunicare a informației numerice, care constă în emisia și recepția simultană a tuturor biților cuvîntului de date. **T.p.** necesită cîte o linie de transmisie și circuitele de interfață asociate pentru fiecare bit al cuvîntului transmis. **T.p.** este utilizată la transmiterea rapidă de date pe distanțe scurte (de ex., în cadrul unui calculator sau între calculator și periferice).

transmisie serială, metodă de comunicare a datelor numerice care constă în transmiterea sincronizată, bit cu bit, a cuvîntului de date. **T.s.** presupune o conversie paralel-serie la emisie și o refacere prin conversie serie-paralel la recepție. **T.s.** necesită o singură linie de transmisie și un singur circuit de interfață/port, și este mai lentă decît transmisia paralelă. **T.s.** este utilizată pentru comunicații pe distanțe lungi (de ex., între un terminal și calculator în sisteme distribuite de conducere a proceselor).

tranziția ieșirilor, comutarea setului de ieșiri Y ale unui automat secvențial, ca urmare a unei → **tranziții de stare**. Pentru eliminarea impulsurilor false într-un subset al ieșirilor care ar trebui să rămînă nemodificate pe perioada tranziției de stare, se adoptă metoda sincronizării ieșirilor $Y_t = \eta(U_t, X_t)$ prin elemente de tip bistabil.

tranziție de semnal, comutare a unui semnal logic din 0 în 1 sau din 1 în 0. Pentru circuitele integrate *TTL* standard și rapide se dau următoarele valori limită ale tensiunilor de intrare și ieșire: $V_{OL_{max}}$ (nivel maxim 0 la ieșire): 0,4 V; $V_{OH_{min}}$ (nivel minim 1 la ieșire): 2,4 V; $V_{IL_{max}}$ (nivel maxim 0 la intrare): 0,8 V; $V_{IH_{min}}$ (nivel minim 1 la intrare): 2,0 V.

tranziție de stare, comutarea unui automat secvențial dintr-o stare stabilă X_t, sub influența setului de intrări U_t, într-o altă stare stabilă X_{t+1} dată de funcția de tranziție a stărilor, φ. În automatele secvențiale asincrone **t. de s.** are loc la momente arbitrare de timp. În acest sens o **t. de s.** dintr-o stare internă stabilă *A* într-una *B* se consideră încheiată, și starea *B* nou admisă se consideră stabilă cînd relația

$$x_j(t + \Delta t_M) = X_j(t)$$

(unde x_j: variabila secundară; X_j: variabila de execuție; $\Delta t_M = Max\Delta t_i$, $i = 1, 2, \ldots, p$; Δt_i: întîrzierea semnalului de excitație pe linia de întîrziere i a secțiunii de memorie a automatului; p: dimensiunea vectorului de stare al automatului) este satisfăcută pentru toți $j = 1, \ldots, p$. În automatele secvențiale sincrone, comutările setului de stări interne au loc la intervale regulate de timp (tacte), **t. de s.** fiind comandată de circuite de sincronizare de tipul generatoarelor de impulsuri. La automatele secvențiale sincrone, varianta de codificare a stărilor care nu conduce la **t.s.** incorecte impune ca în orice stare, pentru toate combinațiile posibile de intrări sincrone, să nu depindă mai mult decît o singură variabilă de stare de o intrare asincronă.

tranzitorie, componenta $y_T(t)$ din răspunsul unui sistem, la mărimea de intrare precizată, în care caz răspunsul se descompune

$$y(t) = y_T(t) + y_S(t) \tag{1}$$

și unde $y_S(t)$ este componenta stabilizată (permanentă) din răspuns, avînd aceeași formă ca și intrarea. De ex., dacă mărimea de intrare a unui sistem dinamic liniar, descris intrare/ieșire de ecuația diferențială

$$\sum_{i=0}^{n} a_i y^{(i)}(t) = \sum_{j=0}^{n-1} b_j u^{(j)}(t) \tag{2}$$

cu condiția inițială $y^{(i)}(0) = y_{i_0}$, $i = \overline{0, n-1}$ este de tip polinomial

$$u(t) = \sum_{q=0}^{r} A_q \frac{t^q}{q!}, \; t \geqslant 0 \tag{3}$$

atunci aplicînd transformata Laplace se deduce că

$$y(s) = \frac{\sum_{j=0}^{n-1} b_j s^j}{\sum_{i=0}^{n} a_i s^i} u(s) + \frac{\sum_{i=1}^{n-1} a_i \left(\sum_{k=0}^{i-1} s^k y^{(i-k-1)}(0_+) \right)}{\sum_{i=0}^{n} a_i s^i} \tag{4}$$

și unde

$$u(s) = \sum_{q=0}^{r} A_q \frac{1}{s^{q+1}} = \frac{R_u(s)}{s^{q+1}} \tag{5}$$

Din relația (4), dacă se ține cont de (5), rezultă că o descompunere posibilă a răspunsului sistemului este următoarea

$$y(s) = \sum_{q=0}^{r} B_q \frac{1}{s^{q+1}} + \frac{\sum_{j=0}^{n-1} c_j s^j + \sum_{i=1}^{n-1} a_i \left(\sum_{k=0}^{i-1} s^k y^{(i-k-1)}(0_+) \right)}{\sum_{i=0}^{n} a_i s^i} =$$

$$= y_S(s) + y_T(s)$$

unde $B_q : q = \overline{0, r}$ sînt determinați unic (de ex., prin identificarea coeficienților). Cînd răspunsul este strict stabil (și în cazul particular considerat nu are poli în origine) se vede că $y_T(t)$ cuprinde toată comportarea tranzitorie a sistemului, care se stinge în timp

$$\lim_{t \to \infty} y_T(t) = 0$$

trapez unitar, caracteristică reală de frecvență ideală avînd forma prezentată în fig. T.9, ce permite determinarea răspunsului indicial al unui sistem

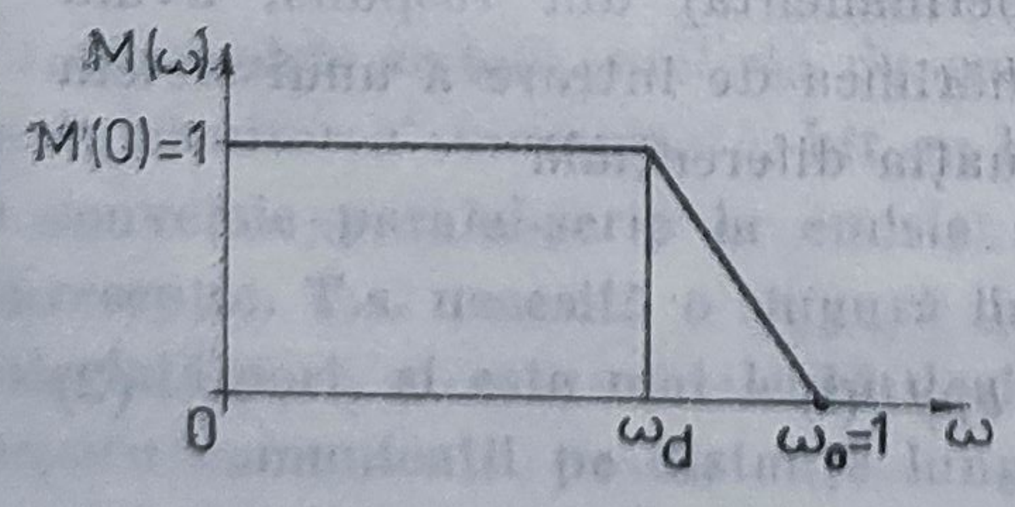


Fig. T.9. Caracteristică de frecvență de tip trapez unitar.

pe baza caracteristicii reale de frecvență. Coeficientul $\varkappa = \frac{\omega_d}{\omega_0} = \omega_d$ se numește *coeficient de pantă*. Răspunsul indicial la oricare trapez dreptunghic de parametri $M(0)$ și $\varkappa = \frac{\omega_d}{\omega_0}$ se poate deduce pe baza răspunsului indicial al t. u. de același $\varkappa$ (tabelat în lucrări de specialitate).

treaptă unitară, funcţie (de intrare) de tip polinom ia l definită prin

$$u(t) = 1(t) = \begin{cases} 0\ , & t < 0 \\ 1/2, & t = 0 \\ 1\ , & t > 0 \end{cases}$$

în cazul cotinuu, respectiv în cazul discret

$$u(k) = 1(k) = \begin{cases} 0, & k < 0 \\ 1, & k \in \mathbb{N} \end{cases}$$

T.u. este fie funcţie de test pentru un sistem, obţinîndu-se la ieşirea acestuia un răspuns numit „indicial" pe care se definesc performanţele clasice (timp tranzitoriu, suprareglaj etc.) fie permite aproximarea polinomială a mărimii de intrare.

trigger Schmitt, circuit de formare a impulsurilor, prin introducerea unei reacţii pozitive în circuit, pentru a obţine un cîştig mai mare şi histerezis. **T.S.** este utilizat pentru formarea fronturilor atunci cînd la intrările dispozitivelor logice semnalele variază lent, ceea ce poate introduce instabilitate, întîrzieri de propagare greu de apreciat şi dificultăţi de sincronizare.

U

UNIDIN, sistem de reglare unificat, pentru procese rapide, avînd semnalul unificat în tensiune: (−10V ; 0 ; +10V), elaborat în R. S. România. Lucrările de cercetare pentru elaborarea sistemului au început la Institutul de Cercetări Electrotehnice, în 1960 și au fost concentrate apoi la Institutul de Cercetări și Proiectări pentru Automatizări. Sistemul **UNIDIN** cuprinde: a) elemente de măsurare: traductoare de curent continuu, de curent alternativ, de tensiune continuă, de poziție, de viteză de rotație ; b) elemente de prelucrare a informației: preamplificatoare, regulatoare PID, amplificatoare basculante, dispozitive de omandă pe grilă a tiristoarelor, convertoare tensiune-frecvență și frecvență-c-tensiune ș. a. ; c) elemente de execuție : redresor comandat cu tiristoare, contactor static, invertor cu tiristoare, ș. a. ; d) elemente auxiliare : surse de alimentare, filtre *RC*, aparate de măsurat etc. Aplicațiile uzuale ale sistemului **UNIDIN** constau în acționările reglabile ale motoarelor și generatoarelor electrice de curent continuu sau alternativ.

UNILOG, sistem de comutație statică unificat, tranzistorizat, destinat pentru utilizări în frecvență pînă la 5000 Hz, pentru realizarea schemelor logice în aplicații diverse: comenzi, interblocări, semnalizări, aparatură numerică, telemecanică, reglare numerică etc. Sistemul **UNILOG** este conceput ca un sistem unitar, capabil de a prelua informațiile furnizate din proces, de a le prelucra logic și a elabora deciziile corespunzătoare, și în final de a comanda conform acestor decizii organele de execuție. Din punct de vedere funcțional există următoarele categorii de elemente: a) elemente de intrare, folosite pentru adaptarea semnalelor furnizate din proces ; b) elemente pentru prelucrarea informațiilor, ce pot realiza: funcții logice combinaționale, funcții logice cu memorie și cu întîrzieri, auxiliare (de tip generator de impulsuri) ; c) elemente de ieșire, destinate să amplifice în putere semnalele rezultante ; d) surse de alimentare. Semnalul standard logic „1" este − 12...−24 V, iar semnalul standard logic „O" este 0...0,2 V, iar elementele de bază realizate modular: *NICI; TIMP; REPETOR PE EMITOR; AMPLIFICATOR* (de 1 W și de 3 W); *TAMPON ; SI PASIV*. Varianta actuală cu tranzistoare pe siliciu se numește **USILOG**.

unimodular echivalente, două matrici polinomiale $P(s)$, $R(s)$, de aceleaşi dimensiuni între care există relaţia

$$P(s) = U(s)R(s)V(s)$$

nde $U(s)$, $V(s)$ sînt → **matrici unim ıl ar.**

unitate aritmetică logică, dispozitiv numeric construit în logică combinaţională, capabil să realizeze calcule artimetice (de ex., adunare, scădere) şi logice asupra a doi operanzi. Intern, **u. a. l.** poate utiliza o logică de generare anticipată a transportului pentru sporirea vitezei de calcul. Calculele aritmetice pot fi realizate în complement faţă de 1 sau faţă de doi, în binar natural sau *BCD*. Datele de intrare pot fi active 0 sau 1. **U. a. l.** poate fi construit ca un circuit de sine stătător de tip *MSI* sau *LSI* sau din componente discrete pentru ungimi mari de operanzi. În sistemele de tip microcalculator, **u.a.l.** este integrată ca bloc funcţional în microprocesor. Rezultatele operaţiilor aritmetice şi logice executate de **u.a.l.** sînt stocate în acumulator, care serveşte şi drept sursă a

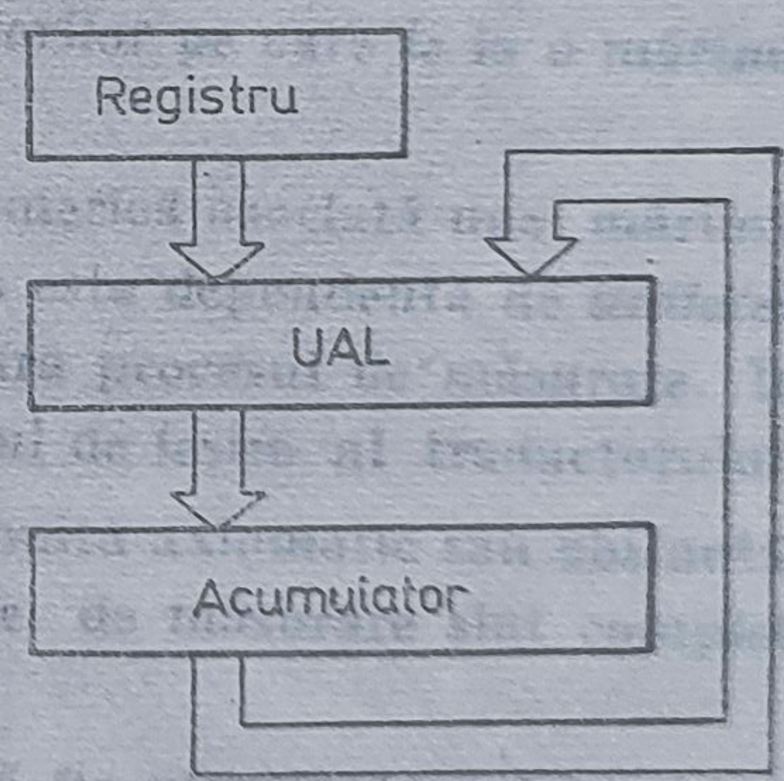


Fig. U.1. Structură de calcul cu unitate aritmetică logică.

unuia dintre operanzi pentru **u.a.l.**, cealaltă sursă fiind reprezentată de unul din registrele unui grup de registre (fig. U.1). În funcţie de tipul de **u.a.l.** al unităţilor centrale de prelucrare ale calculatoarelor, sînt incluse instrucţiuni specifice de gen: adunare, adunare cu transport, scădere, incrementare etc. în setul de instrucţiuni asociat.

unitate CAN, unitate de măsură reprezentînd cel mai mic increment ce poate fi sesizat la ieşirea unui convertor analog-numeric. Astfel, dacă o mărime aplicată la intrarea unui convertor analog numeric cu ieşire pe 12 biţi ia valori între 0 şi 10 V, atunci valoarea ei exprimată în **u. CAN** este cuprinsă între 0 şi $2^{12} - 1 = 4095$; deci unei **u. CAN** îi corespund 10/4095 V.

unitate de informație, informație care se obține prin realizarea unui eveniment dintr-un set de evenimente egal probabile. Cum informația proprie asociată unui eveniment x_i este $i(x_i) = -\lambda \lg p(x_i)$, în care $p(x_i)$ reprezintă probabilitatea de realizare a evenimentului, iar λ o constantă pozitivă, rezultă pentru **u. de i**: $i(x) = -\lambda \lg \frac{1}{2} = 1$. Luînd logaritmul în baza 2, constanta λ devine egală cu unitatea iar **u. de i.** poartă numele de *bit*. În unele cazuri se lucrează cu logaritmi în baza (**u. de i.** ia numele de *nit*) sau cu logaritmi în baza *10* (**u. de i.** ia numele de *dit*). Se observă că 1 *nit* $= \lg_2 e = 1{,}44$ **bit**, 1 *dit* $= \lg_2 10 = 3{,}32$ **bit**.

unitate de informație, informație care se obține prin realizarea unui eveniment dintr-un set de evenimente egal probabile. Cum informația proprie asociată unui eveniment x_i este $i(x_i) = -\lambda \lg p(x_i)$, în care $p(x_i)$ reprezintă probabilitatea de realizare a evenimentului, iar λ o constantă pozitivă, rezultă pentru **u. de i**: $i(x) = -\lambda \lg \frac{1}{2} = 1$. Luînd logaritmul în baza 2, constanta λ devine egală cu unitatea iar **u. de i.** poartă numele de *bit*. În unele cazuri se lucrează cu logaritmi în baza (**u. de i.** ia numele de *nit*) sau cu logaritmi în baza *10* (**u. de i.** ia numele de *dit*). Se observă că 1 *nit* $= \lg_2 e = 1{,}44$ bit, 1 *dit* $= \lg_2 10 = 3{,}32$ bit.

V

variabilă, mărime dependentă de timp. Se utilizează în teoria sistemelor sub denumirile de: **v.** de stare $x(t)$, **v.** de intrare $u(t)$, **v.** de ieşire $y(t)$ etc.

valoare admisibilă, valoare maximă a unei mărimi fizice permisă în cadrul unui sistem fără ca acesta să fie solicitat mai mult decît prevăd prescripţiile privind asigurarea integrităţii constructive şi menţinerea caracteristicilor funcţionale.

valoare instantanee, valoare pe care o ia, la un moment dat, o mărime variabilă în timp (valoare momentană).

valoare medie, *media aritmetică* a tuturor valorilor pe care le ia o mărime variabilă.

valoare măsurată, reprezentare sub formă numerică asociată unei mărimi fizice ca urmare a unui proces de măsurare. **V.m.** este dependentă de *unitatea de măsură* şi de → **precizia** pe care o poate asigura procesul de măsurare. În sistemele automate **v. m.** este cuprinsă în semnalul de ieşire al traductorului.

valoare reală, valoarea unei mărimi fizice atribuită axiomatic sau obţinută printr-un proces de măsurare ideal (în care erorile de măsurare sînt complet eliminate).

valoare prescrisă, valoarea la care trebuie să fie menţinută mărimea de ieşire (parametrul de calitate) într-un sistem de reglare automată. **V. p.** este materializată sub forma unei mărimi de intrare în sistemul de reglare automată care, ţinînd cont de factorul de conversie introdus de traductor, reprezintă valoarea mărimii de calitate a procesului (sau apropiată de acesta în cazul în care eroarea staţionară nu este nulă).

ventil, dispozitiv component al unui organ de reglare care comandă deschiderea şi închiderea unor căi de circulaţie a fluidului, sau stabileşte sensul de circulaţie a fluidului. De asemenea, **v.** reglează presiunea sau debitul de fluid, strangulînd (obturînd) secţiunea de trecere a fluidului în funcţie de deplasarea axului său (determinată de un servomotor) în raport cu scaunul **v.** După modul de funcţionare, **v.** se clasifică în următoarele grupe de bază: **v.** de distribuţie (vane), **v.** de închidere, **v.** de presiune şi **v.** de strangulare.

ventil de distribuţie (de cale), ventil care influenţează circulaţia fluidului, prin închidere, deschidere sau stabilirea sensului de circulaţie. După numărul

de căi comandate, există v. de d. cu două, trei, patru sau mai multe căi. Din punct de vedere constructiv, există două categorii importante de v. de d. cu scaun și cu sertar de distribuție. La cele cu scaun, căile de trecere a fluidului sînt închise sau deschise cu plăci, talere, bile sau conuri. Ventilele cu sertar de distribuție se construiesc în variantele : cu sertar de distribuție longitudinal, sau cu sertar de distribuție plan.

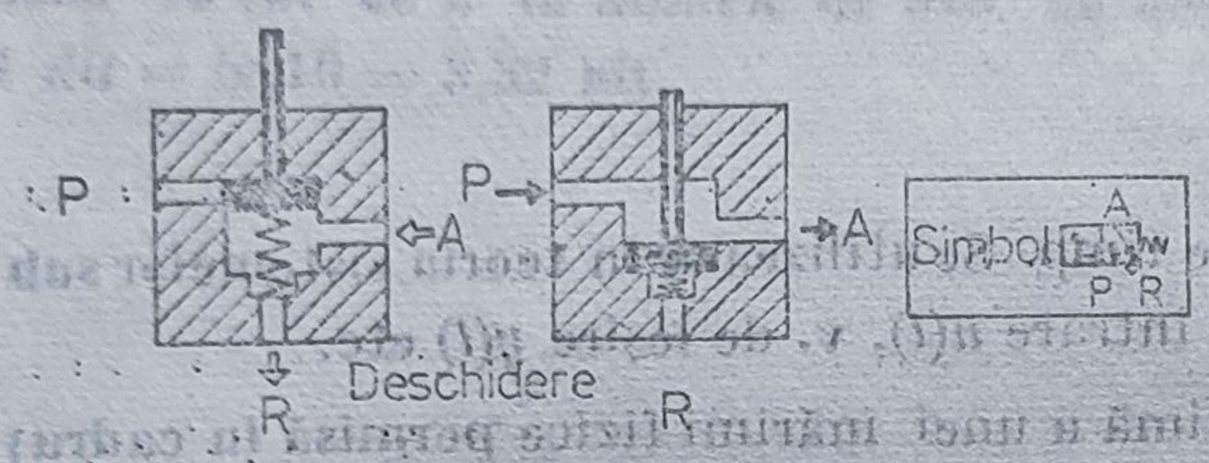


Fig. V.1. Ventil cu 3 căi, de deschidere.

ventil cu comandă dublă, ventil de închidere cu două intrări și o ieșire. Închiderea se produce întotdeauna în sensul intrării la care nu există semnal, trecerea fluidului fiind astfel permisă de la intrarea prin care are loc admisia,

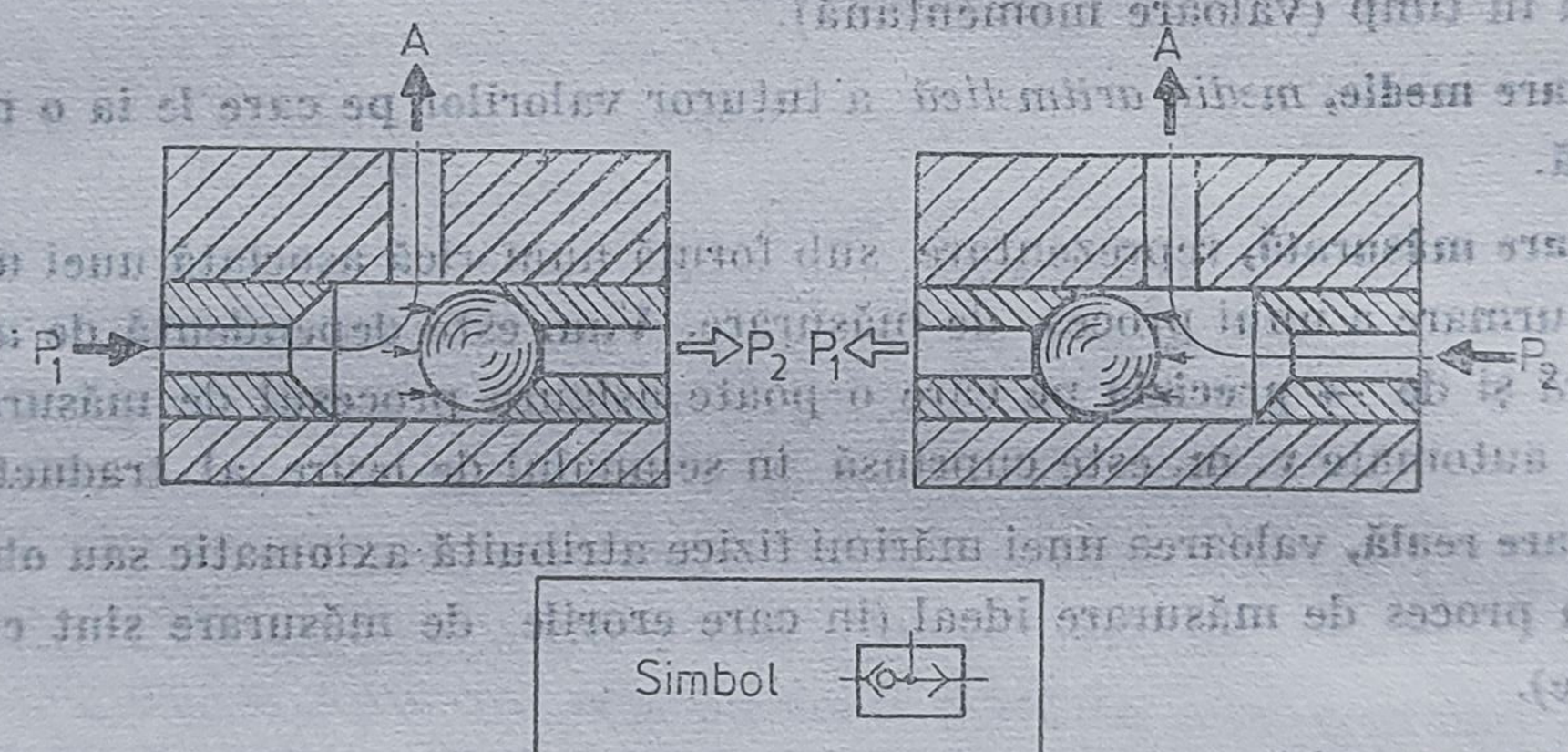


Fig. V.2. Ventil cu comandă dublă.

la ieșirea unică (fig. V.2). V. cu c. d. se utilizează de ex., pentru comanda cilindrilor din două puncte diferite.

ventil de închidere, ventil care blochează trecerea fluidului într-un sens permițînd trecerea în sens opus. Principalele tipuri de v. de i. sînt: ventile de reținere, ventile cu comandă dublă, ventile de strangulare și reținere, ventile (supape) de aer rapide și distribuitoarele cu două presiuni.

ventil de reținere, cel mai simplu ventil de închidere, ce funcționează cu pierderi cît mai mici de presiune. În momentul în care (în sensul de trecere) presiunea de intrare a aerului depășește forța resortului, organul de blocare (sferă, con, placă sau membrană) deschide calea de trecere a fluidului (fig. V.3).

ventil de strangulare și reținere, ventil care asigură strangularea pentru sensul de comandă al elementelor fluidice și închiderea pentru sensul de reve-

nire. La aceste ventile droselul este reglabil în majoritatea cazurilor, oferind astfel posibilitatea reglării debitului de fluid. Acţiunea droselului apare doar

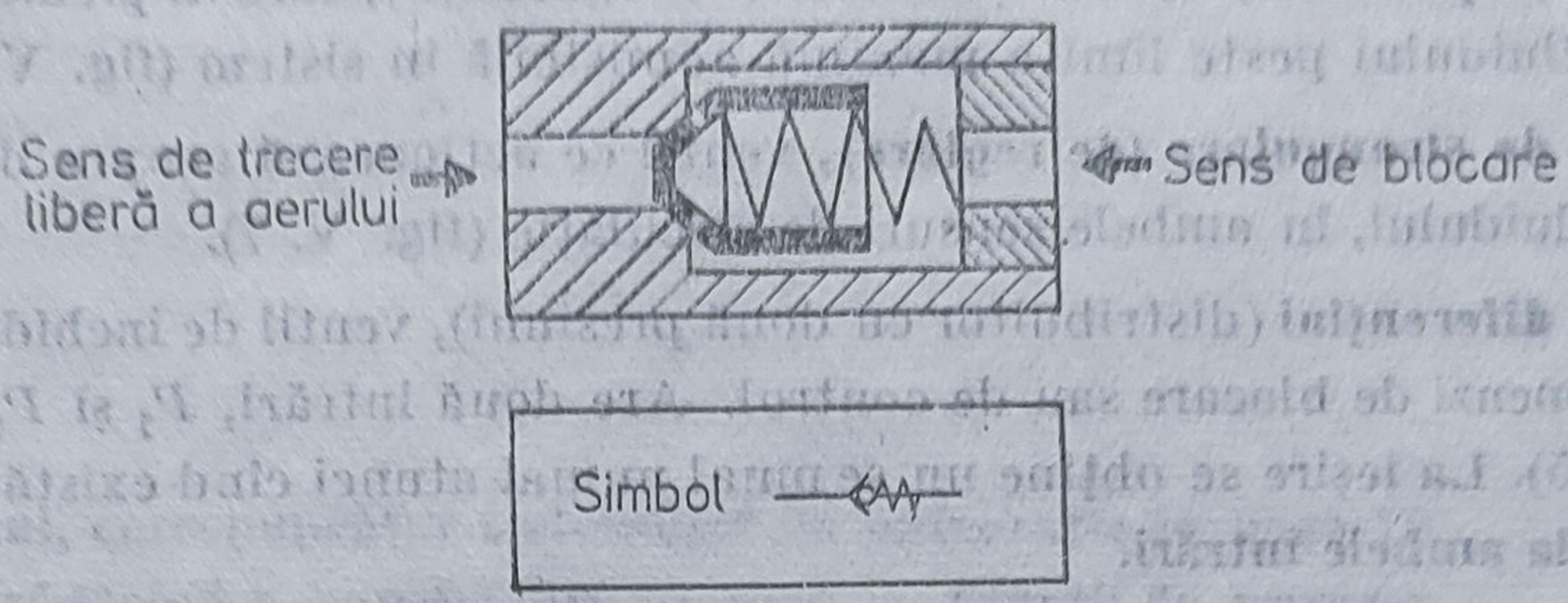


Fig. V.3. Ventil de reţinere.

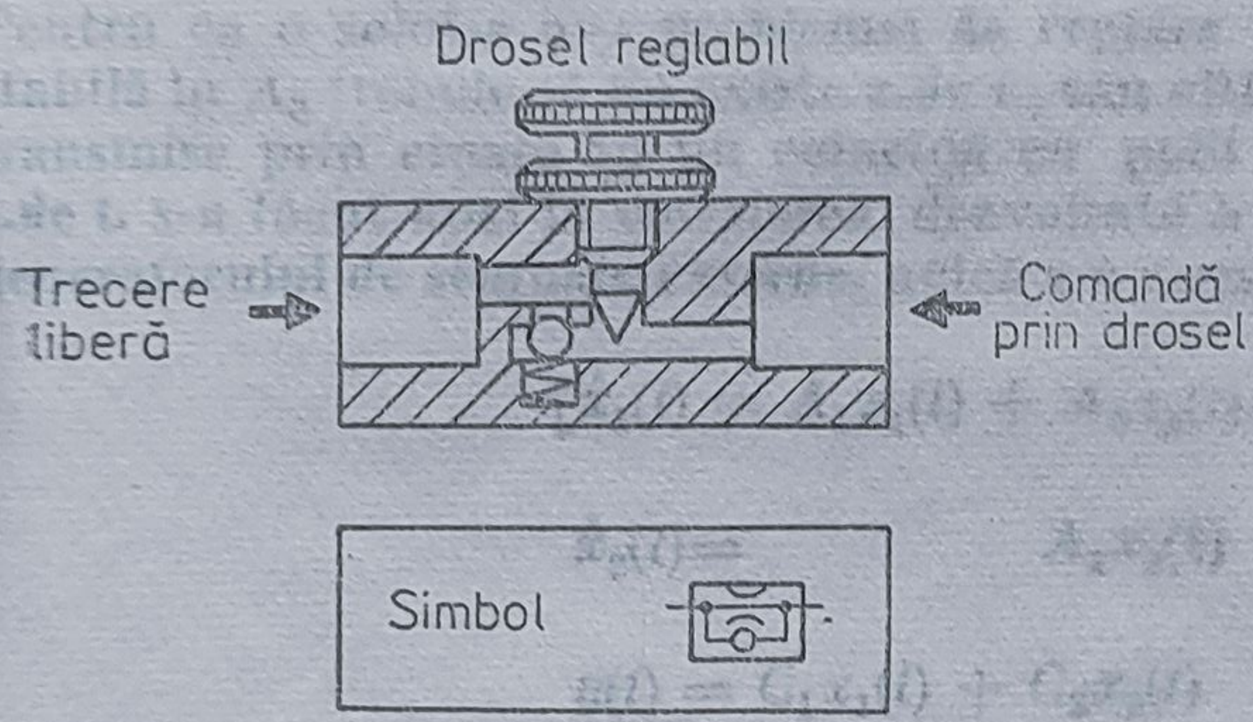


Fig. V.4. Ventil de strangulare şi reţinere.

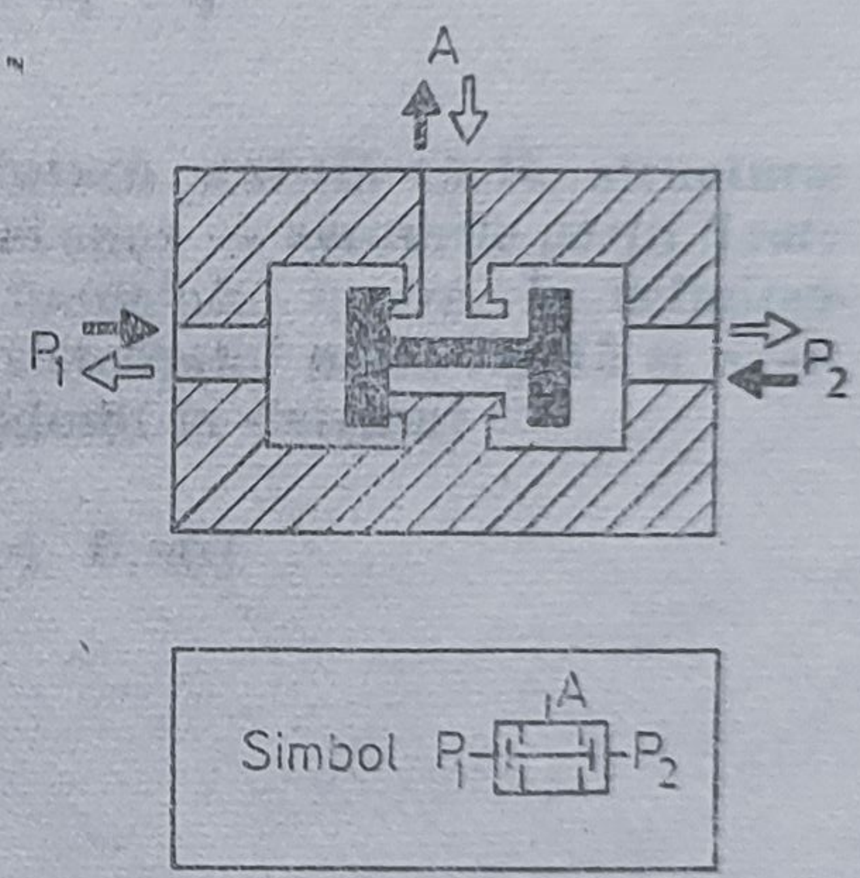


Fig. V.5. Ventil diferenţial.

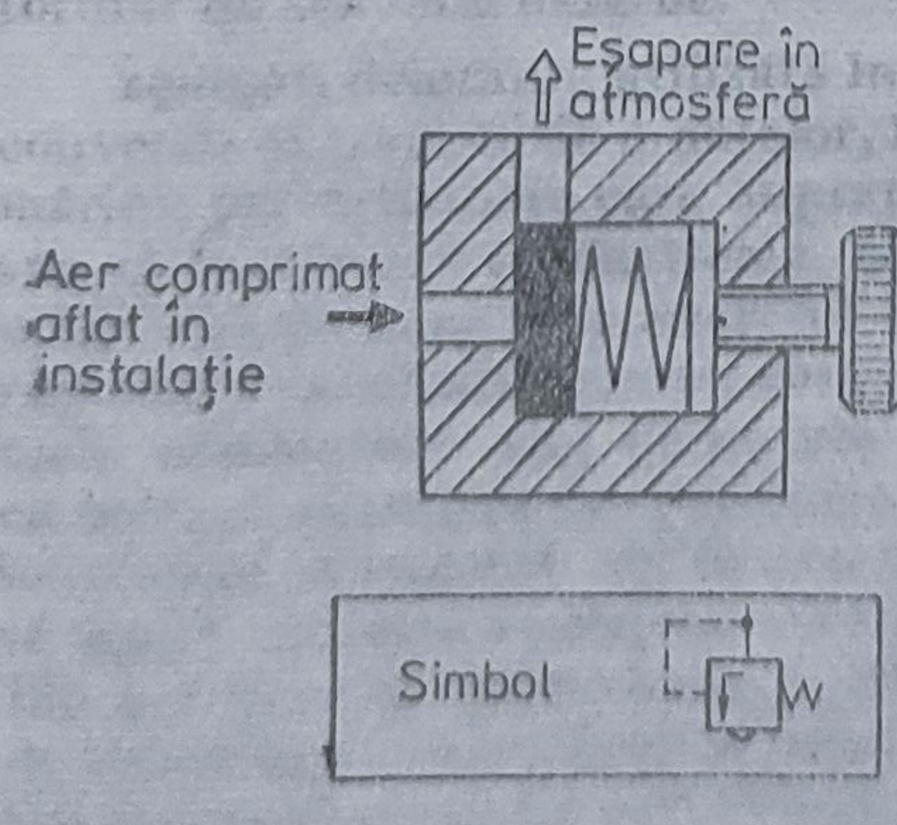


Fig. V.6. Ventil de presiune.

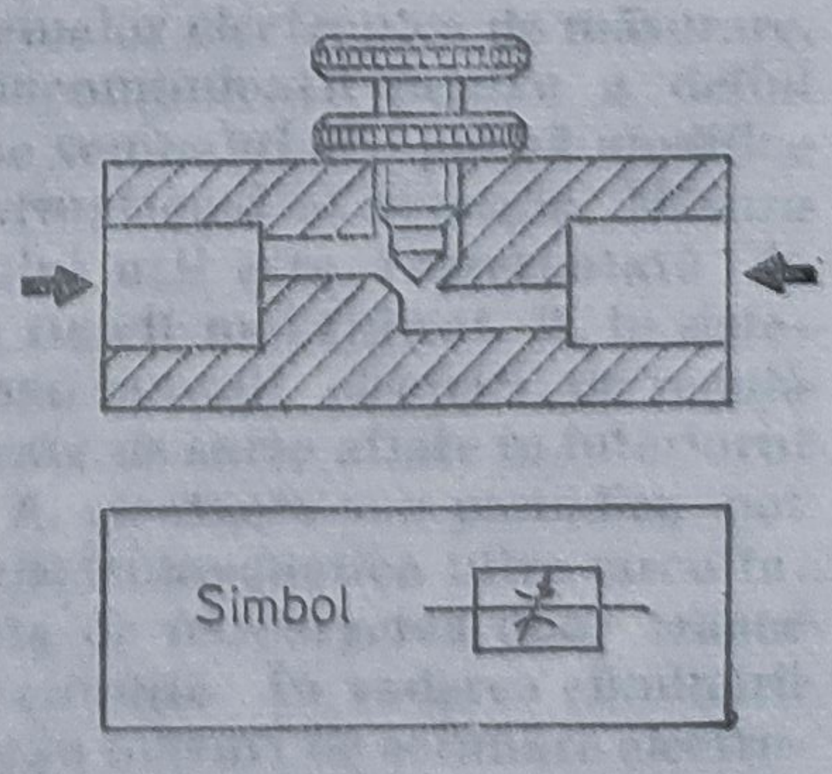


Fig. V.7. Ventil de strangulare reglabil.

într-un sens de circulaţie a fluidului ; în celălalt sens trecerea este liberă prin supapa de reţinere (fig. V.4).

ventil de presiune, ventil limitator (de siguranţă), care împiedică creşterea presiunii fluidului peste limita maximă admisibilă în sistem (fig. V.6).

ventil de strangulare (de reglare), ventil ce acţionează asupra debitului de trecere a fluidului, în ambele sensuri de circulaţie (fig. V. 7).

ventil diferenţial (distribuitor cu două presiuni), ventil de închidere utilizat pentru comenzi de blocare sau de control. Are două intrări, P_1 şi P_2 şi o ieşire A (fig. V.5). La ieşire se obţine un semnal numai atunci cînd există semnal de comandă la ambele intrări.

zecimal, corespunzător sistemului de numerație în baza 10.

zero, rădăcină a numărătorului unei → **funcții de transfer.**

zero de transmisie, numerele $\lambda_i \in \sigma(A_2)$ pentru care

$$\operatorname{rang}\begin{bmatrix} A_1 - \lambda_i I_1 & B_1 \\ D_1 & 0 \end{bmatrix} < n_1 + q$$

Pentru ca o soluție a → **problemei de reglare** intern stabilă să fie structural stabilă în A_3 trebuie să nu existe **z.de t.,** sau altfel spus → **zerourile** *părții fixate* transmise prin eroare să nu coincidă cu polii modelului intern. În definirea **z.de t.** s-a făcut apel la descrierea dezvoltată a sistemului parte fixată și a → **generatorului de semnale externe,** adică s-a considerat la sistemul

$$\begin{cases} \dot{x}_1(t) = A_1 x_1(t) + A_3 x_2(t) + B_1 u(t) \\ \dot{x}_2(t) = A_2 x_2(t) \\ y(t) = C_1 x_1(t) + C_2 x_2(t) \\ z(t) = D_1 x_1(t) + D_2 x_2(t) \end{cases}$$

unde $x_1 \in \mathbb{R}^{n_1}$ este starea sistemului parte fixată, iar $x_2 \in \mathbb{R}^{n_2}$ starea generatorului de semnale externe.

zgomot, denumire utilizată în domeniile sistemelor electronice de măsurare, conversie și transmisie a datelor, în tele- și radiocomunicații pentru a defini mărimi perturbatoare care suprapunîndu-se peste semnalul util pot să modifice sau să îngreuieze evidențierea conținutului informațional al acestuia. Măsura influenței pe care **z.** o exercită asupra semnalului util este reprezentată de raportul *semnal util /zgomot* care este de dorit să fie cît mai ridicat. **Z.** în sistemele menționate sînt de natura unor tensiuni sau curenți electrici, de regulă cu variații aleatoare sau periodice. **Z.** pot fi generate de surse aflate în interiorul sistemului considerat sau în exteriorul acestuia. **Z.** aleatoare sau periodice pot să apară datorită cuplajelor electrostatice sau electromagnetice între circuite. Ele pot avea și componente continue determinate de parcurgerea unor trasee de legare la masă comune la două sau mai multe circuite. În vederea eliminării sau reducerii efectelor perturbatoare ale **z.** se prevăd măsuri de ecranare electrostatică și electromagnetică, separarea circuitelor care pot produce interferențe, poziționări adecvate ale traseelor de conexiuni etc. În anumite cazuri **z.,** fiind de frecvențe înalte, superioare semnalului util, ele pot fi rejectate prin filtrare.

zgomot alb, mărime cu variaţie aleatoare caracterizată printr-un spectru în frecvenţă infinit. Funcţia de autocorelaţie a **z.a.** este de tip impuls Dirac, ceea ce implică o funcţie de densitate spectrală de putere de valoare constantă şi bandă de frecvenţă infinită. **Z.a.** definit în acest mod reprezintă o mărime idealizată (teoretică); practic nu este posibil să se realizeze decît **z.a.** de bandă limitată (putere limitată). În cazul în care sînt prezente numai componentele de anumite frecvenţe, prin analogie cu spectrul vizibil, se foloseşte denumirea de zgomot colorat. Datorită proprietăţilor menţionate semnale de tipul **z.a.** sînt utilizate în → **identificarea** *sistemelor* întrucît prin banda largă de frecvenţă permit testarea tuturor modurilor proceselor.

„Automatica de la A la Z" a fost elaborată cu scopul de a pune la dispoziția unor variate categorii de cititori terminologia actuală, cu circulația cea mai largă, care încadrează atît bazele conceptual-teoretice, cît și cele metodologico-aplicative ale automaticii ca ramură a științelor tehnice. Actualitatea automaticii ca știință este generată de faptul de necontestat că însăși revoluția tehnico-științifică contemporană este dominată de automatizarea, robotizarea și cibernetizarea producției precum și a multor alte domenii ale activității umane.

Lei 41